

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**“INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA PARA EL
APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA EN EL
PREDIO INKATERRA, DISTRITO DE EL ALTO, PROVINCIA DE
TALARA Y DEPARTAMENTO DE PIURA – PERÚ”**

**PARA OPTAR POR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEOLOGO**

Bach. MARLENE VICTORIA SILVA TALLEDO

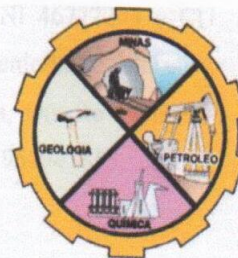
Línea de investigación:

**APROVECHAMIENTO Y CONSERVACION DE LOS RECURSOS
NATURALES**

PIURA – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**“INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA PARA EL
APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA EN EL
PREDIO INKATERRA, DISTRITO DE EL ALTO, PROVINCIA DE
TALARA Y DEPARTAMENTO DE PIURA – PERÚ”**

Bach. MARLENE VICTORIA SILVA TALLEDO
EJECUTORA

ING. MIGUEL MENA MAZA
ASESOR

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE LA TESIS

SILVA TALLEDO MARLENE VICTORIA, identificado con DNI 46772203 y CU 0612010063, Bachiller en Ingeniería Geológica, Facultad de Ingeniería de Minas, y domiciliado en Urbanización Loa Vencedores A7 Primera Etapa, Distrito Pariñas - Provincia de Talara - Departamento de Piura, celular N° 950943855, Email: silvatalledomarlene@gmail.com.

DECLARO BAJO JURAMENTO: que la tesis que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o el extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. 411 del Código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

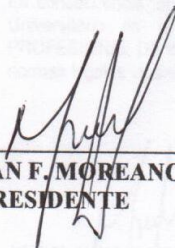
Br. SILVA TALLEDO MARLENE VICTORIA
DNI 46772203

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA




TESIS

**“INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA PARA EL
APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA EN EL
PREDIO INKATERRA, DISTRITO DE EL ALTO, PROVINCIA DE
TALARA Y DEPARTAMENTO DE PIURA – PERÚ”**


Dr. ING. JUAN F. MOREANO SEGOVIA
PRESIDENTE


ING. EDINSON J. SANCHEZ VELASQUEZ
SECRETARIO


Dr. ING. WALTER UMERES RIVEROS.
VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
DECANATO

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD"

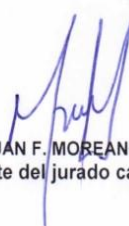
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


Los Miembros del Jurado Calificador nombrados mediante Resolución N° 033-CF-2019, de fecha veinticuatro de enero de dos mil diecinueve, que suscriben, reunidos el día jueves veintiuno de febrero de dos mil diecinueve, a horas 12:00 m., en el aula del PROMAINA - FIM, para la sustentación de la Tesis titulada **"INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA SUSTERRÁNEA EN EL PREDIO INKATERRA, DISTRITO DE EL ALTO, PROVINCIA DE TALARA Y DEPARTAMENTO DE PIURA"**, conducida por la Señorita Bachiller en Ingeniería Geológica **SILVA TALLEDO MARLENE VICTORIA**, la mismas que cuenta con el Asesoramiento del Ing° **Miguel Mena Maza**. Efectuadas las observaciones y dadas las respuestas, la declaran:


DESAPROBADA	A P R O B A D A			
	Bueno	Muy Bueno	Sobresaliente	Excelente
	-----	<u>X</u> -----	-----	-----

En consecuencia, queda en condición de ser calificado APTA y solicitar al Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, le otorgue el TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA GEÓLOGA, de conformidad con lo estipulado en las normas legales vigentes de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 21 de febrero de 2019.


DR. ING° JUAN F. MOREANO SEGOVIA
Presidente del jurado calificador


ING° EDINSON J. SÁNCHEZ VELÁSQUE M.Sc.
Secretario del jurado calificador


DR. ING° WALTER UMERES RIVEROS
Vocal del Jurado Calificador.

YMN.

DEDICATORIA

*A mi Mamá Marlene del Pilar Talledo Panta
y a mi Padre que esta en el cielo José
Virgilio Silva Alvines.*

AGRADECIMIENTO

*A Dios por ser mi guía y mi
fortaleza, por estar siempre a mi
lado.*

*A mi Mamá Marlene del Pilar
Talledo Panta, por su confianza,
apoyo incondicional, consejos y
sobre todo por su amor.*

*A mi Asesor Ing. Miguel Mena
Maza, y a mi compañero Isrrael
Sarango por compartir conmigo
su tiempo, su sabiduría y por su
apoyo constante.*

CONTENIDO

I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA.....	12
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.	12
1.2. Justificación e Importancia de la Investigación.....	12
1.3. Objetivos.	12
1.4. Delimitación de la Investigación.	13
II. MARCO TEORICO.	13
2.1. Antecedentes de la Investigación.	13
2.2. Bases Teóricas.....	14
2.3. Glosario de Términos Básicos.....	14
2.4. Marco referencial.	14
2.5. Hipótesis.....	15
III. MARCO METODOLOGICO.....	15
3.1. Enfoque y diseño.....	15
3.2. Sujetos de la investigación.	16
3.3. Métodos y Procedimientos.....	16
3.4. Técnicas e Instrumentos.	17
3.5. Aspectos éticos.	48
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1. Resultados.....	48
4.2. Discusión.	97
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES.....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	102
ANEXOS	103

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1: Columna Estratigráfica	19
CUADRO N° 2: Resistividad de Aguas Y Rocas	27
CUADRO N° 3: Ubicación de Sondajes Coordenadas UTM	30
CUADRO N° 4: Resultados de la Interpretación de Sondajes Eléctricos Verticales (SEV's)	38
CUADRO N° 5: Descripción Litológica e Hidrogeológica.....	39
CUADRO N° 6: Inventario de Pozos.....	47
CUADRO N° 7: Morfología de la Napa Freática	50
CUADRO N° 8: Profundidades del Nivel Estático.....	52
CUADRO N° 9: Clasificación de acuíferos según su Transmisividad.....	54
CUADRO N° 10: Calificación de la Permeabilidad	55
CUADRO N° 11: Transmisividad y Conductividad Hidráulica	56
CUADRO N° 12: Valores de Coeficiente de Almacenamiento.....	57
CUADRO N° 13: Resumen de Coeficiente de Almacenamiento y Radio de Influencia	58
CUADRO N° 14: Resultados del Análisis Físico – Químico.....	59
CUADRO N° 15: Clasificación del agua de riego en función de su C.E.....	60
CUADRO N° 16: Demanda anual de agua	63
CUADRO N° 17: Régimen de bombeo	63
CUADRO N° 18: Balance hídrico del pozo.....	64
CUADRO N° 19: Coordenadas del pozo Proyectado.....	69
CUADRO N° 20: Diseño físico del pozo tubular	73
Cuadro N° 21: Planilla de Metrados del Pozo	95
CUADRO N° 22: Cronograma de Ejecución de la Obra.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: Ubicación y Acceso del Área de Estudio	18
FIGURA N° 2: Vista Panorámica Afloramiento de la Fm. Chira – Verдум	21
FIGURA N° 3: Vista Panorámica del Tablazo - Máncora	22
FIGURA N° 4: Configuración Schlumberger	28
FIGURA N° 5: Ubicación de Sondajes	30
FIGURA N° 6: Sección Geoeléctrica A-A'	41
FIGURA N° 7: Sección Geoeléctrica B-B'	42
FIGURA N° 8: Profundidad de los Niveles Estáticos.	51
FIGURA N° 9: Recarga y Descarga del Acuífero	52
FIGURA N° 10: Topografía de la Superficie	66
FIGURA N° 11: Estratos Sub Superficiales	67

RESUMEN

El informe de investigación hidrogeológica a sido desarrollado con el fin de evaluar detalladamente la zona de investigación y poder determinar la presencia de recursos hídricos subterráneos mediante la recopilación de información y la ejecución de pruebas de campo desarrolladas en 03 etapas bien definidas. La primera etapa consistió en el reconocimiento geológico, geomorfológico y hidrológico del área donde se desarrolló el proyecto, así como la recopilación de toda la información relacionada de la zona de investigación, la segunda etapa se representó con la ejecución de pruebas de campo basadas en la prospección geofísica, se han realizado 06 sondajes Eléctrico – Verticales, que conforman 02 secciones geoeléctricas A-A', B-B. La tercera etapa del estudio consiste en el análisis e interpretación de la información recopilada, así como de los datos de campo (curvas de resistividades aparentes) y la elaboración del informe final de la investigación.

La interpretación de la información desarrollada en cada capítulo en la presente investigación determina las Características Geológicas, Geomorfológicas, Geoeléctricas y las Características Hidrogeológicas., permitiendo sustentar los resultados finales de la investigación.

En el Predio Inkaterra los resultados concluyen en la existencia de recursos hídricos explotables los mismos que alcanzan las condiciones de requerimiento en cuanto a calidad siendo posible la ejecución de una obra de captación.

Teniendo en cuenta una responsable explotación de los recursos hídricos subterráneos en la zona se considera un caudal de explotación de 5 l/seg. por un periodo de 4 horas diarias.

Palabras claves:

- ❖ Caracterización Geologica.
- ❖ Caracterización Geomorfológica.
- ❖ Hidrología de la cuenca.
- ❖ Fuentes de agua subterránea.
- ❖ Hidrodinámica subterránea.

ABSTRACT

The hydrogeological research report has been developed in order to evaluate in detail the research area and determine the presence of underground water resources through the collection of information and the execution of field tests developed in 03 well-defined stages. The first stage consisted in the geological, geomorphological and hydrological recognition of the area where the project was developed, as well as the compilation of all the related information of the research area, the second stage was represented with the execution of field tests based on the geophysical prospecting, 06 Electric - Vertical drillholes have been made, which form 02 geo-electric sections A-A ', BB. The third stage of the study consists of the analysis and interpretation of the information collected, as well as the field data (curves of apparent resistivities) and the preparation of the final report of the investigation.

The interpretation of the information developed in each chapter in the present investigation determines the Geological, Geomorphological, Geoelectric and Hydrogeological Characteristics, allowing to sustain the final results of the investigation.

In the Inkaterra Property the results conclude in the existence of exploitable water resources, the same ones that reach the conditions of requirement in terms of quality, being possible the execution of a collection work.

Taking into account a responsible exploitation of the groundwater resources in the area, an operating flow of 5 l / sec is considered. for a period of 4 hours a day.

Keywords:

- Geological Characterization.
- Geomorphological Characterization.
- Hydrology of the basin.
- Groundwater sources.
- Underground hydrodynamics.

INTRODUCCION

La explotación de agua subterránea se ha incrementado en los últimos años en la región Piura, el uso principalmente es agrícola y poblacional. Debido a la creciente demanda se vienen desarrollando estudios y evaluaciones hidrogeológicas que permitan perforar pozos tubulares obteniendo mejores resultados.

La Empresa INKATERRA S.A.C. dedicada a la industria hotelera y turística se ha establecido en la zona de Cabo Blanco – Distrito El Alto – Provincia de Talara con el objetivo de construir un complejo hotelero moderno. Para ello la empresa necesita abastecer de agua sus zonas de áreas verdes, así como actividades de limpieza.

La inexistencia de una fuente de agua superficial (a excepción del mar) ha generado que la empresa vea por conveniente la perforación de un pozo tubular para abastecer de agua las actividades mencionadas en el párrafo anterior. Es sabido que para la ubicación y perforación de un pozo tubular es indispensable la ejecución de prospección geofísica y la elaboración de un Estudio Hidrogeológico, el cual se elabora de acuerdo a los Formatos establecidos por la Autoridad Nacional del Agua.

I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA.

1.1. Descripción de la Realidad Problemática.

La inexistencia de fuentes de abastecimiento de aguas superficiales con las características necesarias para cumplir las demandas en el predio Inkaterra y el elevado costo de abastecimiento particular generan la principal problemática para el desarrollo de las actividades en dicho predio.

1.2. Justificación e Importancia de la Investigación.

Poder encontrar una solución a la problemática de déficit de agua en el predio para poder desarrollar sus actividades.

Es importante poder comprender el comportamiento hidrogeológico en la zona del proyecto para poder concluir si es posible la ejecución de una obra de captación de aguas subterráneas.

1.3. Objetivos.

Objetivo Principal:

Determinar las características hidrogeológicas en la zona de investigación y sustentar la existencia o no de recursos hídricos subterráneos aprovechables en la zona investigada y poder ejecutar una obra de captación.

Objetivos Específicos:

- ❖ Construir mediante la prospección geofísica el perfil litológico y las características geológicas de cada capa que constituye dicho perfil hasta la profundidad investigada.

- ❖ Determinar la profundidad y el espesor de la capa productiva en la zona de investigación.
- ❖ Construir una obra de captación de agua subterránea con óptimos caudales y cubrir las demandas en el predio.
- ❖ La obtención del título profesional de ingeniero geólogo en la universidad nacional de Piura

1.4. Delimitación de la Investigación.

La presente investigación se llevó a cabo en el predio Inkaterra como solución al déficit de abastecimiento de aguas superficiales buscando obtener resultados satisfactorios para poder ejecutar una obra de captación de agua subterránea en dicho predio.

II. MARCO TEORICO.

2.1. Antecedentes de la Investigación.

- ❖ Investigación hidrogeológica de exploración-explotación del acuífero del Valle del Alto Piura (1998).
- ❖ Inventario de fuentes de agua subterránea en el valle medio y bajo Piura (2004).
- ❖ Obras de captación de aguas subterráneas en el valle Alto Piura: expediente Técnico.
- ❖ Obra Perforación de pozos exploratorios Sub Proyecto Alto Piura: concurso de precios.

2.2. Bases Teóricas.

- ❖ Condensación del agua marina (Aristóteles 384-322 a. de J.C.)
- ❖ La teoría de la infiltración del agua marina (Platón 427-347 a. de J.C.).
- ❖ Condensación del vapor de agua en el aire.
- ❖ Teoría de la infiltración de las precipitaciones.

2.3. Glosario de Términos Básicos.

- ❖ Acuífero libre.
- ❖ Balance hídrico.
- ❖ Basamento hidrogeológico.
- ❖ Modelo conceptual (hidrogeología).
- ❖ Napa freática.
- ❖ Permeabilidad.
- ❖ Recarga.
- ❖ Transmisividad.
- ❖ Unidad Hidrogeológica.

2.4. Marco referencial.

- ❖ Gobierno de la República del Perú (2009). “Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)”.
- ❖ Artículo 225 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado mediante Decreto Supremo 001-2010-AG
- ❖ Gobierno Regional de Piura (2010). “Expediente Técnico para la creación y conformación del Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Chira-Piura”.
- ❖ Ley de Recursos hídricos Ley N° 29338

2.5. Hipótesis.

Hipótesis General:

¿son favorables para la formación de mantos acuíferos las características hidrogeológicas en la zona investigada?

Hipótesis Específicas:

- ❖ ¿Los rasgos geológicos y geomorfológicos en la zona investigada son favorables para la formación de mantos acuíferos?
- ❖ ¿El aprovechamiento de recursos hídricos subterráneos presenta buenos resultados regionalmente para ejecutar el presente proyecto?

III. MARCO METODOLOGICO.

3.1. Enfoque y diseño.

Enfoque:

La ejecución de la presente investigación desarrolla toda la información necesaria mediante un estudio hidrogeológico que nos permite determinar de manera más precisa la existencia de recursos hídricos subterráneos y la factibilidad para poder ser explotados mediante obras de captación mediante la recopilación de información y la ejecución de pruebas de campo a través de métodos geofísicos indirectos.

Diseño:

Cuantitativo: Mediante las pruebas geofísicas de campo con el método geoeléctrico de configuración Schlumberger a través de sondajes eléctrico verticales (SEV's) se logro tomar valores de resistividad de campos artificiales generados por aparatos eléctricos de dicho método y poder construir capas geoeléctricas.

Cualitativo: Es la representación cualitativa que reúne los valores de resistividad para capas geoelectricas basadas en las características similares de los resultados que separan valores establecidos para dicha metodología que representan cada capa según se valor de resistividad

3.2. Sujetos de la investigación.

Los propietarios del predio investigado buscan solucionar el déficit de abastecimiento de agua, es por ello que mediante la presente investigación a cargo de quien ejecuta, junto con el asesor tienen por objetivo determinar las características hidrogeológicas que rigen en la zona del proyecto.

3.3. Métodos y Procedimientos.

Recopilación de la información:

Mediante la selección de toda la información relacionada a la investigación a nivel regional y local se busca clasificar los temas de mayores importancias para sustentar la presente investigación. Para ello será necesaria la información del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico referente al levantamiento geológico nacional, mapas topográficos básicos de la zona de estudio a escalas convenientes y todo tipo de información técnica relacionada con la zona de investigación.

Trabajos de campo:

Representado por la realización de la prospección geoelectrica en el área de investigación, levantamiento geológico de los puntos de agua en el área de trabajo y alrededores y al reconocimiento y levantamiento geológico local del área de investigación, así mismo la realización de la prueba de bombeo en un pozo del inventario de fuentes de agua subterránea.

Etapas de gabinete:

Consiste en la consolidación de toda la información, así como el procesamiento e interpretación de los datos de campo (sondajes eléctricos verticales de configuración Schlumberger), elaboración del informe final así como de los anexos necesarios para consolidar la investigación.

3.4. Técnicas e Instrumentos.**UBICACIÓN Y ACCESO.**

El terreno de la Empresa INKATERRA S.A.C. se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 S:

Este: 472665 – 473060 m
Norte: 9528500 – 9529096 m

La empresa INKATERRA S.A.C. se encuentra ubicada políticamente en el Centro Poblado Cabo Blanco, perteneciente al distrito de El Alto, provincia de Talara y departamento de Piura.

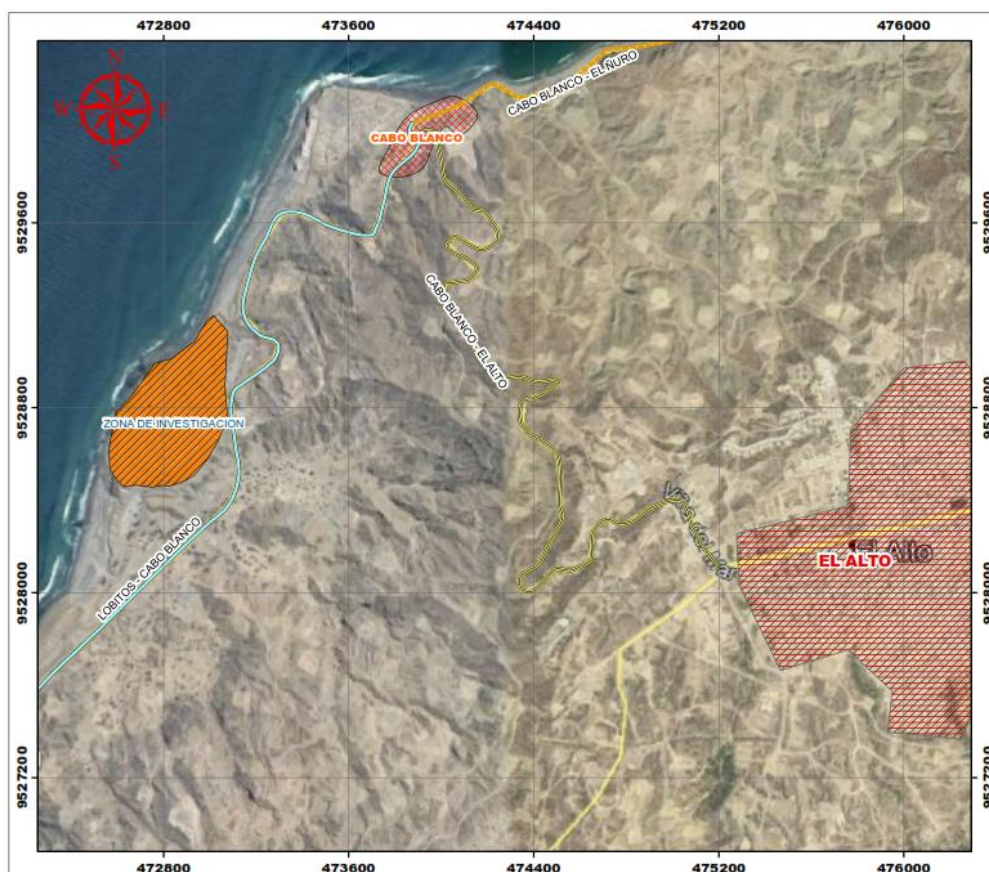


FIGURA N° III.1: Ubicación y Acceso del Área de Estudio

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOMORFOLOGICAS DEL AREA DE ESTUDIO.

En toda investigación hidrogeológica es indispensable identificar las características geológicas y geomorfológicas para determinar la estructura del acuífero en la zona de estudio. En el presente estudio hidrogeológico se ha caracterizado la zona con información obtenida del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), así como con información de proyectos que se han realizado en el sector anteriormente.

CARACTERISTICAS LITOESTRATIGRAFICAS.

Es importante conocer la estructura geológica de la zona estudiada, la misma que debe tener relación a la naturaleza de los materiales existentes y a la distribución de los mismos tanto permeables o impermeables,

fallas, así como afloramientos en los márgenes de quebradas y otros, debido a que estas características condicionan el funcionamiento del complejo acuífero y el desplazamiento de las aguas subterráneas.

El área de estudio está comprendida dentro de la cuenca sedimentaria Talara, donde se observan afloramientos rocosos de edades geológicas que van desde el terciario inferior hasta el cuaternario reciente, constituidos principalmente por rocas sedimentarias y material cuaternario aluvial.

En su conjunto se trata de una potente intercalación de estratos sedimentarios, distribuidos desde rocas más antiguas representadas por: Fm. Talara, Fm. Chira – Verdum, Tablazo Máncora; sobreyaciendo a los depósitos recientes.

En el siguiente cuadro se presenta la cronoestratigrafía de la zona estudiada, con su respectiva litoestratigrafía:

CUADRO N° III.1: Columna Estratigráfica

Cronoestratigrafía			Litoestratigrafía	
Era	Sistema	Serie	Unidad geológica	Símbolo
Cenozoico	Cuaternario	Reciente	Depósitos eólicos	Qr-e
			Depósitos aluviales	Qr-al
		Pleistoceno	Tablazo Máncora	Qp-tm
	Terciario	Eoceno	Fm. Chira-Verdum	Te-chv
			Fm. Talara	Te-t

A. Cenozoico – Terciario - Eoceno.

El cenozoico en la región Noroeste presenta en el terciario una secuencia marina completa, desarrollada en tres cuencas:

Progreso, Talara y Sechura. El área o zona de investigación pertenece a la cuenca Talara.

La cuenca sedimentaria Talara, ha sido clasificada estructuralmente como del tipo ante – arco, con marcado estilo tectónico de falla gravitacional, como respuesta a una intensa actividad tafrogénica, resultante de la orogenia andina; resaltándose fallas normales, lístricas, transcurrentes y rotacionales, de características regionales y estructuras como bloques fallados en altos estructurales y plegamientos suaves a moderados. La cobertura sedimentaria en la zona estudiada está constituida de la siguiente forma:

➤ **Formación Talara (Te-t) – Eoceno medio.**

En la zona, esta formación se divide en dos secciones: inferior y superior. La primera consiste de un conglomerado basal con guijarros de cuarzo, cuarcitas, areniscas arcillosas de color gris, siguen areniscas arcillosas gris verdosas algo oscuras. La parte superior está compuesta por una secuencia lutácea gris oscura, hacia el este tiene restos de plantas, capas finas ferruginosas con concreciones que se intercalan con areniscas de gran fino y capas muy delgadas de bentonita.

Su espesor varía de un lugar a otro con tendencia a adelgazarse hacia el este, variando desde los 300 a 100 m.

➤ **Formación Chira – Verдум (Te-chv) – Eoceno superior**

Presenta un conglomerado basal con clastos de granitos provenientes del basamento, encima areniscas blancas cuarzosas bien estratificadas y en la parte superior lutitas gris verdosa hacia el Sur este donde se aprecian notables cambios laterales. Esta formación presenta colinas elevadas.

El espesor es de 200 – 300 m en la zona de estudio. La formación Chira no ha podido ser separada de la formación Verdum, razón por la cual ha sido mapeado como Fm. Chira – Verdum.

Cabe indicar que en muchas áreas la formación Verdum da una clara visión de transgresión marina.

Mientras la formación Chira muestra rasgos que indican un ambiente de sedimentación marina bastante profundo.



FIGURA N° III.2: Vista Panorámica Afloramiento de la Fm. Chira – Verdum

B. Cenozoico – Cuaternario - Pleistoceno.

Cubriendo o sobreyaciendo a todas las unidades descritas anteriormente, se encuentran una serie de depósitos recientes, tenemos las siguientes unidades geológicas:

➤ Tablazo – Máncora (Qp-Tm).

Son depósitos marinos cuaternarios pleistocénicos que indican las últimas transgresiones de los mares a lo largo de la Costa del Pacífico. Constituyen depósitos escalonados en forma de terrazas. Litológicamente, se compone de conglomerados con cantos de rocas de diferente naturaleza, arenas finas o gruesas, bioclásticas con contenido de fragmentos de conchas, lumaquelas y coquinas que muestran concentraciones de caparzones, mayormente de

macrofauna (en sus mayorías gasterópodos, lamelibranquias, braquiópodos y pelecípodos) dentro de una matriz arenosa y salina, que representa facies de aguas cercanas al litoral.



FIGURA N° III.3: Vista Panorámica del Tablazo - Máncora

C. Cenozoico – Cuaternario - Reciente.

➤ Depósitos aluviales (Qr-al)

Estos depósitos están constituidos principalmente por conglomerados con cantos rodados de cuarcita, arenisca y rocas metamórficas como esquistos, así como rocas volcánicas e intrusivas los cuales vienen de los Cerros de Amotape cuyo valle corta de NE a SO la repisa costanera.

Los conglomerados y arenas observados decrecen en tamaño, desde las partes altas hasta la desembocadura donde el predominio es de arenas y limos.

➤ Depósitos eólicos (Qr-e)

Están constituidos por acumulaciones de arena acarreadas por el viento y que en grandes extensiones cubre a los tablazos, y a secuencias terciarias y/o más antiguas.

La dirección de acarreo, es la dirección del viento, de SO a NE, acumulándose en los flancos occidentales de las estribaciones de los Amotapes.

Constituyen barcanes en movimiento, dunas o mantos delgados de arena.

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

Esta caracterización tiene como finalidad reconocer y clasificar las principales formas de terreno, así como determinar las características más notables del relieve y drenaje existente. Se han identificado 06 unidades geomorfológicas.

a) Relieve de colinas y lomadas en rocas sedimentarias (RCL-rs)

Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria, reducidos por procesos denudativos, se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas de baja a moderada pendiente. Se localizan dentro de la región Piura, en gran parte de la zona de estudio.

b) Piedemonte aluvio– Torrencial (P-at)

Planicie inclinada extendida al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos, formado por la acumulación de corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional, asociados usualmente al fenómeno de El Niño. Se presentan flujos de detritos excepcionales.

c) Abanicos de piedemonte (Ab)

Son conos o abanicos de baja pendiente hacia el valle ($2 - 10^\circ$), formadas por acumulaciones de material acarreado por flujos

excepcionales, en la desembocadura de quebradas y ríos tributarios. Se presentan flujos de detritos excepcionales.

d) Llanura aluvial o cauce inundable (Lli).

Son superficies bajas, adyacentes a los fondos de valles principales y el mismo curso fluvial. Morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuesto de material no consolidado; es decir, removible.

Sus mejores exposiciones se encuentran en las márgenes de los ríos Piura y Chira. En la zona evaluada se presenta al Noreste, en las márgenes de quebradas.

e) Mantos de arena (Ma).

Geoforma conformada por la acumulación de arenas eólicas a manera de mantos, los cuales se encuentran cubriendo terrenos planos de la planicie costera; dentro de estos mantos se pueden encontrar pequeñas dunas. Se presentan en el litoral costero, ya que la zona de estudio se encuentra cerca al mar.

f) Llanura o planicie disectada (LI-d)

Conformada por un terreno plano, de edad Pleistoceno (Tablazo Máncora), la cual ha sido sometida a un intenso proceso de erosión pluvial, donde por concentración de escorrentía superficial se produce el desgaste e incisión del terreno; se presentan algunas formas de movimientos en masa en las márgenes de las torrenteras o quebradas que se han formado, las cuales han cambiado la morfología original, subdividiendo la llanura en porciones menores separadas por valles disectados por

una intensa red de drenaje. Se asocian a procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas, las cuales presentan un desarrollo retrogresivo y lateral, por medio de derrumbes.

EXPLORACION GEOFISICA.

La elección del emplazamiento de los pozos suele plantear problemas que, en la mayoría de los casos, los métodos geofísicos de exploración superficial ayudan a resolver.

La prospección geofísica estudia las variaciones del campo eléctrico o electromagnético cuando se hace pasar una corriente eléctrica en el suelo.

Para cumplir con los objetivos del presente estudio se planteó un total de 06 sondeos eléctrico verticales ubicados en el Predio “INKATERRA S.A.C” en el Sector Cabo Blanco.

La prospección geofísica mediante sondajes eléctricos verticales (SEVs) tiene los siguientes objetivos:

- ❖ Determinar las diferentes capas del subsuelo, en función de sus valores de resistividad eléctrica.
- ❖ Determinación del nivel freático en primera aproximación.
- ❖ Evaluación cualitativa de la calidad del agua subterránea.
- ❖ Entre los puntos explorados, si el caso lo amerita definir el o los punto con mejores condiciones hidrogeológicas para la perforación de pozos tubulares, estableciéndose sus condiciones o características constructivas generales con miras a conseguir obras de captación estabilizadas, con mínima pérdida de carga en el ingreso del agua a los pozos y sin arrastre de arena.

METODOLOGÍA EMPLEADA.

El método geofísico empleado por el presente estudio es el método de Prospección Geoelectrica, mediante sondajes eléctricos verticales, de configuración Schlumberger.

La profundidad de exploración ha sido hasta los 100.00 m.

El Sondaje Eléctrico vertical (SEV), permite conocer a partir de la superficie del terreno, la distribución de las distintas capas geoelectricas en profundidad. Es decir, permite determinar los valores de resistividad de cada capa y su espesor correspondiente.

En el SEV se introduce corriente continua al terreno mediante un par de electrodos, llamados de corriente A y B, y se mide la diferencia de potencial producido por el campo eléctrico así formado, entre otro par de electrodos, llamados electrodos de recepción o de potencial M y N. Se calcula la resistividad aparente (ρ_a) en cada medición según:

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I}$$

Donde:

ρ_a = Resistividad aparente, ohm-m

ΔV = Diferencia de potencial entre los electrodos M, N, mV.

I = Intensidad de corriente introducida en el terreno, ma.

K = Constante geométrica que depende de la distribución de electrodos.

Existen diferentes dispositivos de electrodos, entre ellos el más usado es el Dispositivo Schlumberger en donde los electrodos de medición o corriente M y N permanecen fijos y solamente se aumenta la distancia entre ellos cuando la señal medida es muy baja. En este dispositivo se cumple que la distancia entre A y B sea mayor o igual a tres veces la distancia entre los electrodos M y N.

Esta operación se hace para una serie de separaciones de los electrodos A y B de corriente con la finalidad de profundizar la investigación. Entre la separación AB y la profundidad alcanzada existe una relación que varía de acuerdo al tipo de material investigado.

Los valores de resistividad aparente y las distancias AB se plotean en coordenadas bilogarítmicas, obteniéndose un gráfico denominada Curva de

Resistividades Aparentes ρ_a que representa en sus diferentes segmentos las diversas capas del subsuelo. Solamente en el caso ideal de que el medio sea homogéneo e isótropo, la curva ρ_a sería una recta paralela al eje de las abscisas (distancias AB/2).

La curva ρ_a es la expresión de la estructura del subsuelo y su interpretación consiste en determinar las resistividades verdaderas de las capas correspondiente espesores. Estos cálculos se pueden hacer con ayuda de curvas teóricas (ábacos) o usando programas de cómputo especiales.

Sin embargo, no hay una interpretación única de una curva ρ_a , presentándose ciertas alternativas igualmente probables de ser las correctas. Además, se presentan otras limitaciones del método, como, por ejemplo, que en la naturaleza no se presentan las condiciones ideales para las cuales se ha ideado el método, tales como: capas homogéneas e isótropas, con separaciones planas y paralelas, etc. Ello hace que los resultados obtenidos presenten un margen de error que podría llegar normalmente entre $\pm 10\%$ y $\pm 15\%$. En el cuadro N° 2 se muestra los valores típicos de resistividades de algunos medios y rocas.

CUADRO N° III.2: Resistividad de Aguas Y Rocas

Tipos de Agua y Roca	Resistividad, Ohm-m
Agua de mar	0,2
Agua de acuíferos aluviales	10 – 30
Agua de manantiales	50 – 100
Arenas y gravas secas	1 000 – 10 000
Arenas y gravas con agua dulce	50 – 500
Arenas y gravas con agua salada	0,5 – 5
Arcillas	2 – 20
Margas	20 – 100
Calizas	300 – 10 000
Areniscas arcillosas	50 – 300
Areniscas cuarcíticas	300 – 10 000
Cineritas, tobas volcánicas	20 – 100
Lavas	300 – 10 000
Esquistos grafitosos.	0,5 – 5

Esquistos arcillosos o alterados.	100 – 300
Esquistos sanos	300 – 3 000
Gneis, granito alterados	100 – 1 000
Gneis, granito sano	1 000 – 10 000

Según: Geofísica aplicada a la Hidrogeología. ASTIER, Jean Louis. – Editorial Paraninfo. - Madrid - España.

Para la presente investigación se han ejecutado 06 sondajes cuyas coordenadas UTM se muestran en el siguiente cuadro y su interpretación es materia del presente estudio. El procesamiento de los datos de campo se realiza mediante el método de analogía y comparación con curvas teóricas establecidas.

A partir de los valores de resistividad reales y de los espesores de cada horizonte geoelectrico se ha hecho una estimación sobre la columna estratigráfica y las posibilidades hidrogeológicas de las diferentes capas del subsuelo.

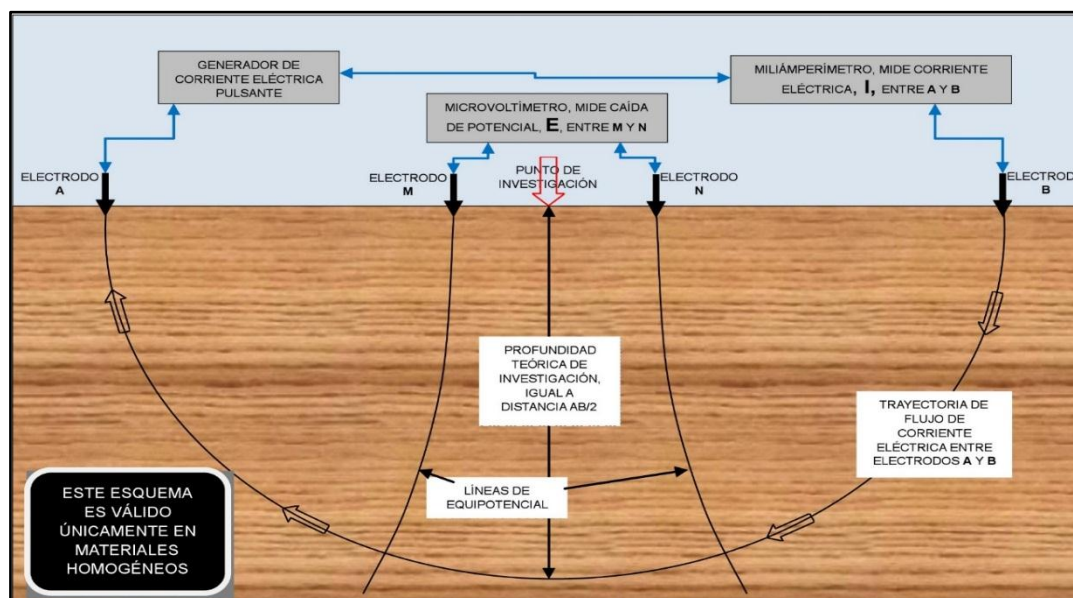


FIGURA N° III.4: Configuración Schlumberger

LIMITACIONES DEL MÉTODO.

Este método es sensible a las perturbaciones eléctricas, lo cual influye en la efectividad de las interpretaciones.

Independientemente de la interpretación del modelo usado, la determinación de la profundidad del nivel del agua podría ser definida por el contraste de resistividades eléctricas en la cual podría haber influido la presencia del tipo de agua dulce. Además, ha influido la presencia de varios factores.

- En ciertas estaciones los contrastes de resistividad eléctrica podrían reflejar cambios en la composición del material del suelo y no cambios en el grado de saturación.
- Los cambios en la resistividad eléctrica podrán reflejar un incremento en la mezcla del suelo y/o de la calidad del tipo de agua, etc.
- Otra posibilidad es que la zona capilar sobre el nivel del agua podría ser causa de un contraste que indique un nivel de agua más alto que el nivel real; debido a que el espesor de la zona capilar dependa de la litología, la química del agua y condiciones atmosféricas que influyen en los cambios de las resistividades lo que reflejaría los límites entre el suelo parcialmente saturado y el techo de la zona capilar.

UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES.

Previamente se verificó la ubicación de las estaciones lo que se hizo en coordinación con la persona encargada del proyecto. Esta ubicación ha sido ploteada en la siguiente figura.



FIGURA N° III.5: Ubicación de Sondajes

CUADRO N° III.3: Ubicación de Sondajes Coordenadas UTM

GPS – GARMIN		DATUM UTM WGS 84	
SEV N°	NORTE (m)	ESTE(m)	ALTITUD (m.s.n.m.)
1	9528850	473008	32.00
2	9528818	472936	26.00
3	9528812	472882	24.00
4	9528814	472835	26.00
5	9528818	472782	28.00
6	9528810	472736	25.00

INSTRUMENTAL Y EQUIPOS UTILIZADOS.

En la ejecución de los Sondajes Eléctrico – Verticales y para el procesamiento e interpretación de los mismos se han utilizado los siguientes instrumentos y equipos:



- Equipo incorporado de milivoltímetro y miliamperímetro Digitales.
- Fuente de energía conformada por baterías P100-NX (12V DC).
- Cables y electrodos.
- GPS Garmin de 12 canales.
- Cartografía del INGEMMET.
- Libretas de campo.
- Bolsas de polietileno.
- Lupas de 10 y 20 aumentos.
- Martillo de Geólogo.
- Wincha y estacas.
- Computadora Toshiba Core I7.
- Cámara fotográfica de 16 mpx.
- Vehículo de transporte.

ANÁLISIS Y RESULTADOS.

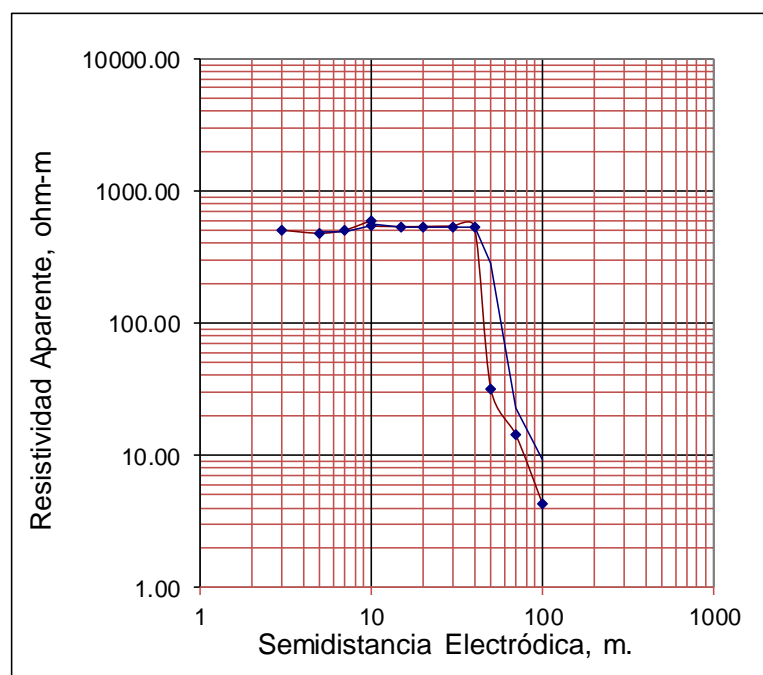
Curvas de Resistividad:

PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
LOCALIDAD : PREDIO "INKATERRA"
DISTRITO : CABO BLANCO
PROVINCIA : TALARA
DEPARTAMENTO : PIURA
SEV : Nº 1
OPERADOR : ING. M.MENA
FECHA DE EJECUCIÓN: NOVIEMBRE DEL 2017



LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

Nº Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P ($\Omega \cdot u$)
1	3	2	1.26	498.60
2	5	2	3.77	472.90
3	7	2	7.54	499.60
4	10	2	15.55	585.60
5	10	5	5.89	538.80
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	530.90
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	531.60
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	535.90
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	530.90
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	31.50
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	14.20
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	4.30

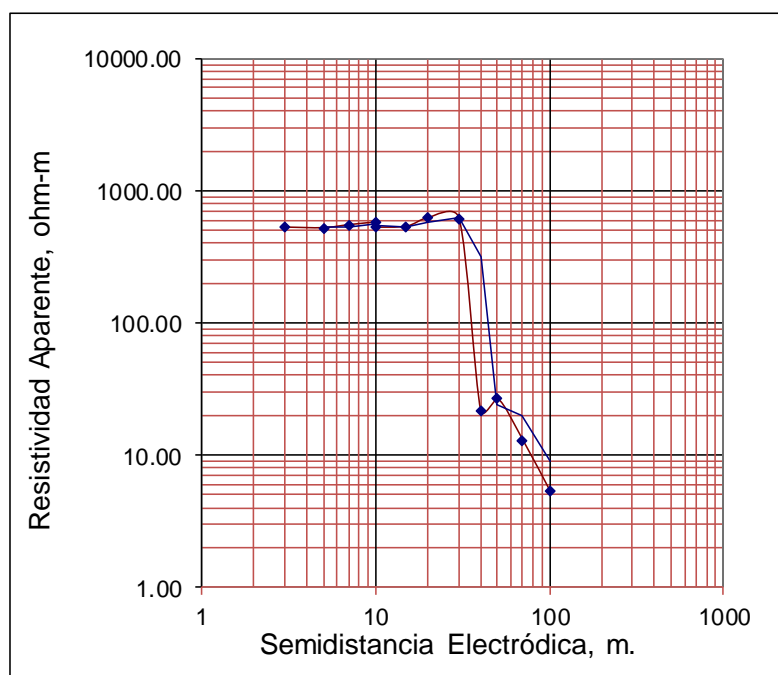


PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
 LOCALIDAD : PREDIO "INKATERRA"
 DISTRITO : CABO BLANCO
 PROVINCIA : TALARA
 DEPARTAMENTO : PIURA
 SEV : Nº 2
 OPERADOR : ING. M.MENA
 FECHA DE EJECUCIÓN: NOVIEMBRE DEL 2017



LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

Nº Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P ($\Omega.u$)
1	3	2	1.26	527.60
2	5	2	3.77	522.40
3	7	2	7.54	550.20
4	10	2	15.55	572.80
5	10	5	5.89	530.60
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	536.80
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	622.60
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	615.40
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	21.40
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	26.60
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	12.80
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	5.30

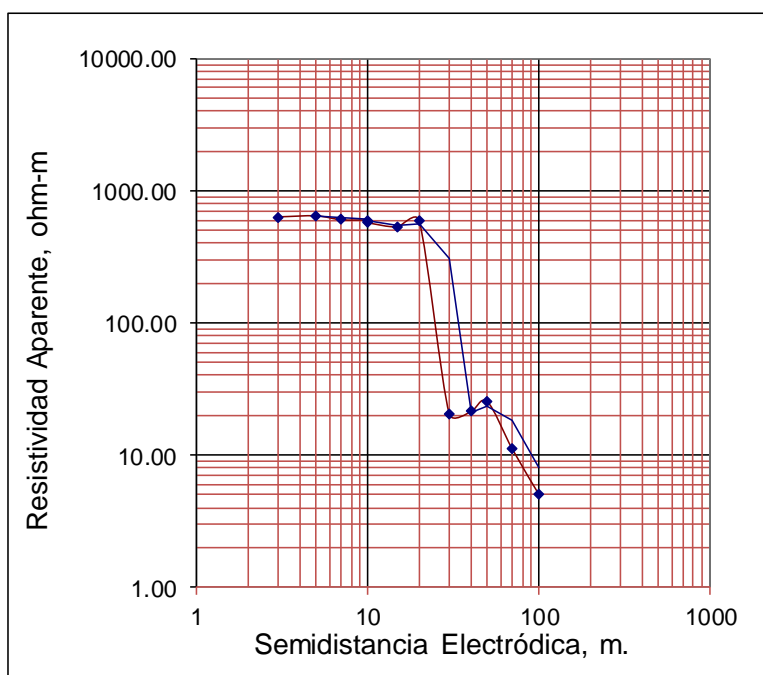


PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
 LOCALIDAD : PREDIO "INKATERRA"
 DISTRITO : CABO BLANCO
 PROVINCIA : TALARA
 DEPARTAMENTO : PIURA
 SEV : Nº 3
 OPERADOR : ING. M.MENA
 FECHA DE EJECUCIÓN: NOVIEMBRE DEL 2017



LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

Nº Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P (Ω.u)
1	3	2	1.26	633.40
2	5	2	3.77	645.00
3	7	2	7.54	602.40
4	10	2	15.55	598.30
5	10	5	5.89	574.30
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	530.80
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	594.70
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	20.60
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	21.40
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	25.50
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	11.20
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	5.10

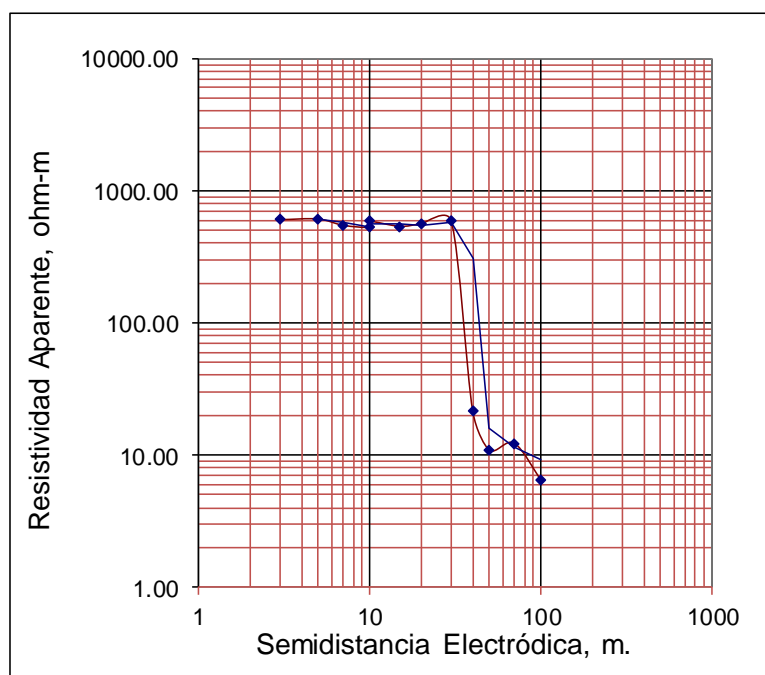


PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
 LOCALIDAD : PREDIO "INKATERRA"
 DISTRITO : CABO BLANCO
 PROVINCIA : TALARA
 DEPARTAMENTO : PIURA
 SEV : Nº 4
 OPERADOR : ING. M.MENA
 FECHA DE EJECUCIÓN: NOVIEMBRE DEL 2017



LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

Nº Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P (Ω.u)
1	3	2	1.26	602.50
2	5	2	3.77	610.40
3	7	2	7.54	546.70
4	10	2	15.55	528.40
5	10	5	5.89	586.35
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	536.80
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	560.40
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	587.80
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	21.50
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	10.80
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	12.20
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	6.40

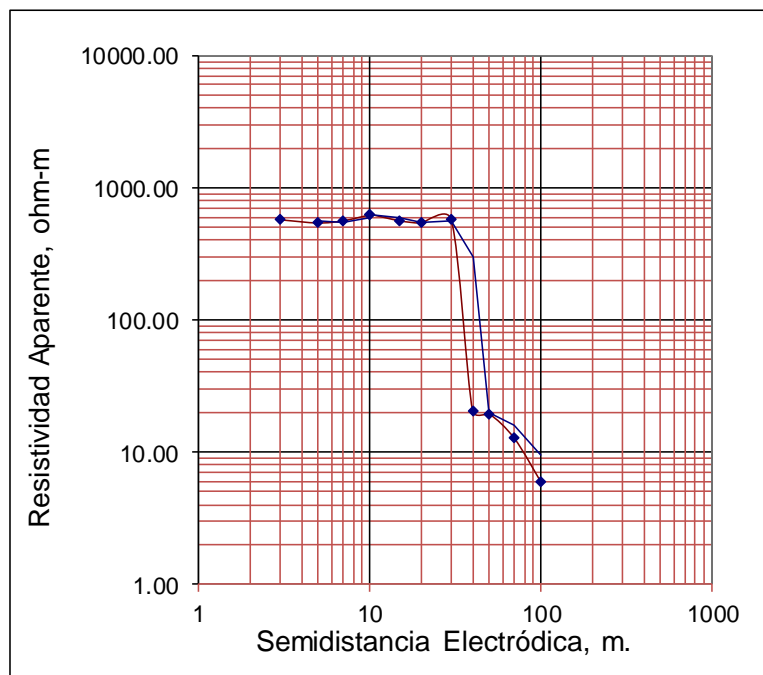


PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
 LOCALIDAD : PREDIO "INKATERRA"
 DISTRITO : CABO BLANCO
 PROVINCIA : TALARA
 DEPARTAMENTO : PIURA
 SEV : Nº 5
 OPERADOR : ING. M.MENA
 FECHA DE EJECUCIÓN: NOVIEMBRE DEL 2017



LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

Nº Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P (Ω.u)
1	3	2	1.26	570.60
2	5	2	3.77	539.70
3	7	2	7.54	560.80
4	10	2	15.55	621.50
5	10	5	5.89	629.20
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	560.80
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	540.80
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	570.60
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	20.50
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	19.50
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	12.80
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	6.00

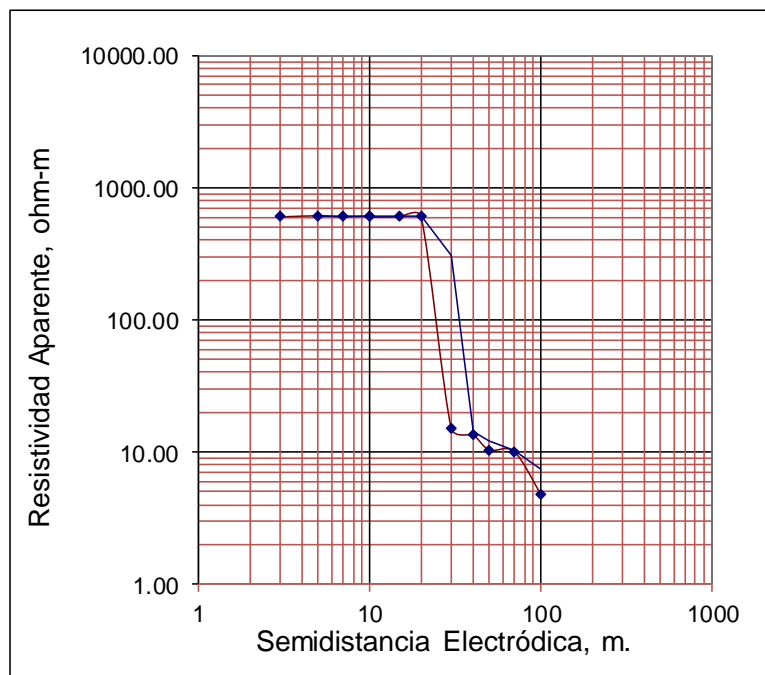


PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
 LOCALIDAD : PREDIO "INKATERRA"
 DISTRITO : CABO BLANCO
 PROVINCIA : TALARA
 DEPARTAMENTO : PIURA
 SEV : Nº 6
 OPERADOR : ING. M.MENA
 FECHA DE EJECUCIÓN: NOVIEMBRE DEL 2017

LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

Nº Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P (Ω.u)
1	3	2	1.26	603.60
2	5	2	3.77	616.20
3	7	2	7.54	604.50
4	10	2	15.55	612.30
5	10	5	5.89	601.10
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	603.40
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	602.20
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	15.20
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	13.60
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	10.40
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	10.10
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	4.80



Valoración Cuantitativa:

En base al procesamiento y la interpretación de las curvas de resistividades aparentes se han establecido los siguientes parámetros para cada uno de los sondajes:

- a) Número de capas geoeléctricas.
- b) Resistividad real por capa geoeléctrica, en ohm-m.
- c) Espesor de cada capa, en m.

En el Cuadro N° 04 se muestran los resultados de la interpretación de las curvas de resistividades aparentes obtenidos en los 06 puntos investigados. Se han determinado las resistividades reales y el espesor aproximado de cada una de las capas del subsuelo y en base a estos dos parámetros se ha definido la naturaleza de los diferentes materiales geológicos y cualitativamente su permeabilidad, su resistencia transversal y la salinidad del agua subterránea.

- d) Se observa que los resultados difieren considerablemente en los 06 puntos investigados. En las figuras 03 y 04 se presentan las secciones geoeléctricas A-A' y B-B', que muestran las estructuras de los acuíferos en los diferentes puntos de investigación. En las secciones geoeléctricas se observa claramente la correlación estratigráfica.

CUADRO N° III.4: Resultados de la Interpretación de Sondajes Eléctricos Verticales (SEV's)

N° SEV	PARÁMETROS	CAPAS GEOELÉCTRICAS			
		1	2	3	4
1	ρ (Ohm-m)	524.98	31.50	14.20	4.30
	H (m)	40.00	15.00	25.00	20.00
	D (m)	40.00	55.00	80.00	100.00
2	ρ (Ohm-m)	559.80	24.00	12.80	5.30
	H (m)	35.00	15.00	20.00	30.00
	D (m)	35.00	50.00	70.00	100.00
3	ρ (Ohm-m)	596.99	22.50	11.20	5.10
	H (m)	25.00	25.00	20.00	30.00
	D (m)	25.00	50.00	70.00	100.00

4	ρ (Ohm-m)	569.92	21.50	11.50	6.40
	H (m)	30.00	15.00	15.00	40.00
	D (m)	30.00	45.00	60.00	100.00
5	ρ (Ohm-m)	574.25	20.00	12.80	6.00
	H (m)	35.00	15.00	15.00	35.00
	D (m)	35.00	50.00	65.00	100.00
6	ρ (Ohm-m)	606.19	14.40	10.25	4.80
	H (m)	25.00	15.00	25.00	35.00
	D (m)	25.00	40.00	65.00	100.00

ρ = Resistividad en ohm-m.
 H = Espesor de la capa, en m.
 D = Profundidad de la Capa, en m.

Valoración Cualitativa:

Mediante el análisis de los resultados mostrados en el cuadro anterior y de las secciones geoelectricas, podemos establecer la existencia de estructuras cuya descripción litológica e hidrogeológica se detalla a continuación:

CUADRO N° III.5: Descripción Litológica e Hidrogeológica

<i>CAPA N°</i>	<i>DESCRIPCION Y ATRIBUCION LITOLÓGICA</i>	<i>ρ Ohm-m</i>	<i>H m</i>	<i>D m</i>
		PROMEDIO		
1	Capa geoelectrica superior constituida por arena eólica de grano fino a medio, color gris claro poli mixtica. Con inclusiones de gravas y guijarros e intercalaciones delgadas de arcilla. Capa seca y sus resistividades varían desde 524.98 a 606.19 Ohm-m y sus espesores acumulados varían desde 25.00 m. (SEVs N° 3 y 6), hasta 40.00 m. (SEV N°1).	572.02	31.66	40.00
2	Segunda capa geoelectrica, constituida por arena de grano medio a gruesa con inclusiones de gravas y guijarros e intercalaciones de arcilla, capa saturada con agua de mediano a alto grado de mineralización. Sus resistividades varían desde 14.40 hasta 31.50 Ohm-m y sus espesores varían desde 15.00 m. (SEVs N° 1, 2, 4, 5, 6) hasta 25.00 m. (SEV N° 3).	22.33	16.66	55.00

3	Tercera capa geoelectrica constituida por arcilla arenosa ligera, con intercalaciones de arcilla e inclusiones de gravas y guijarros. Capa de baja permeabilidad. Sus resistividades varían desde 10.25 hasta 14.20 Ohm-m y sus espesores varían desde 15.00 m. (SEVs N° 4 y 5) hasta 25.00 m. (SEVs N° 1 y 6).	12.13	20.00	80.00
4	Capa geoelectrica constituida por arcilla impermeable. Es el basamento hidrogeológico. Sus resistividades varían desde 4.30 hasta 6.40 Ohm-m y sus espesores varían desde 20.00 m. (SEV N° 1) hasta 40.00 m. (SEVs N° 4).	5.32	31.66	100.00

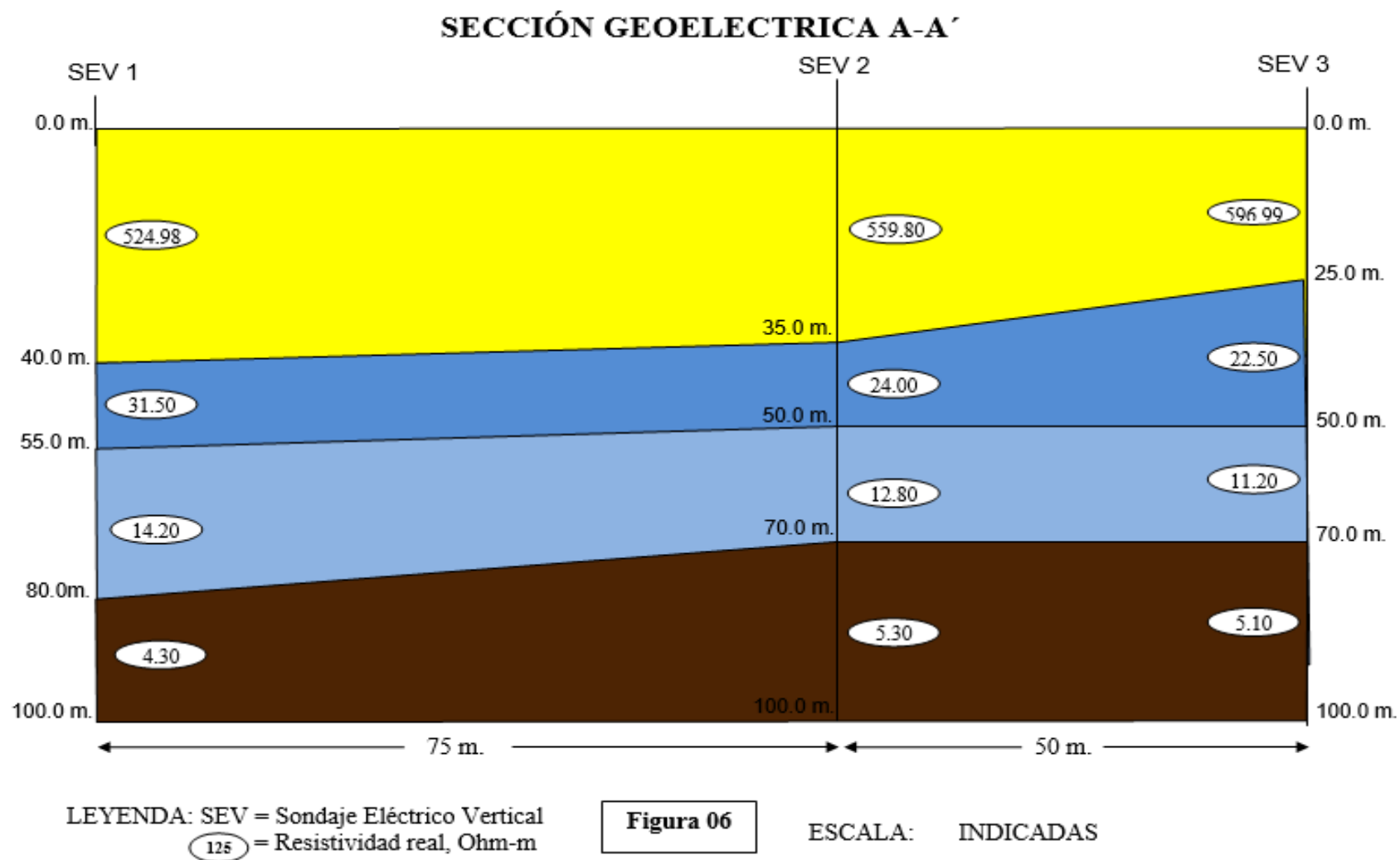
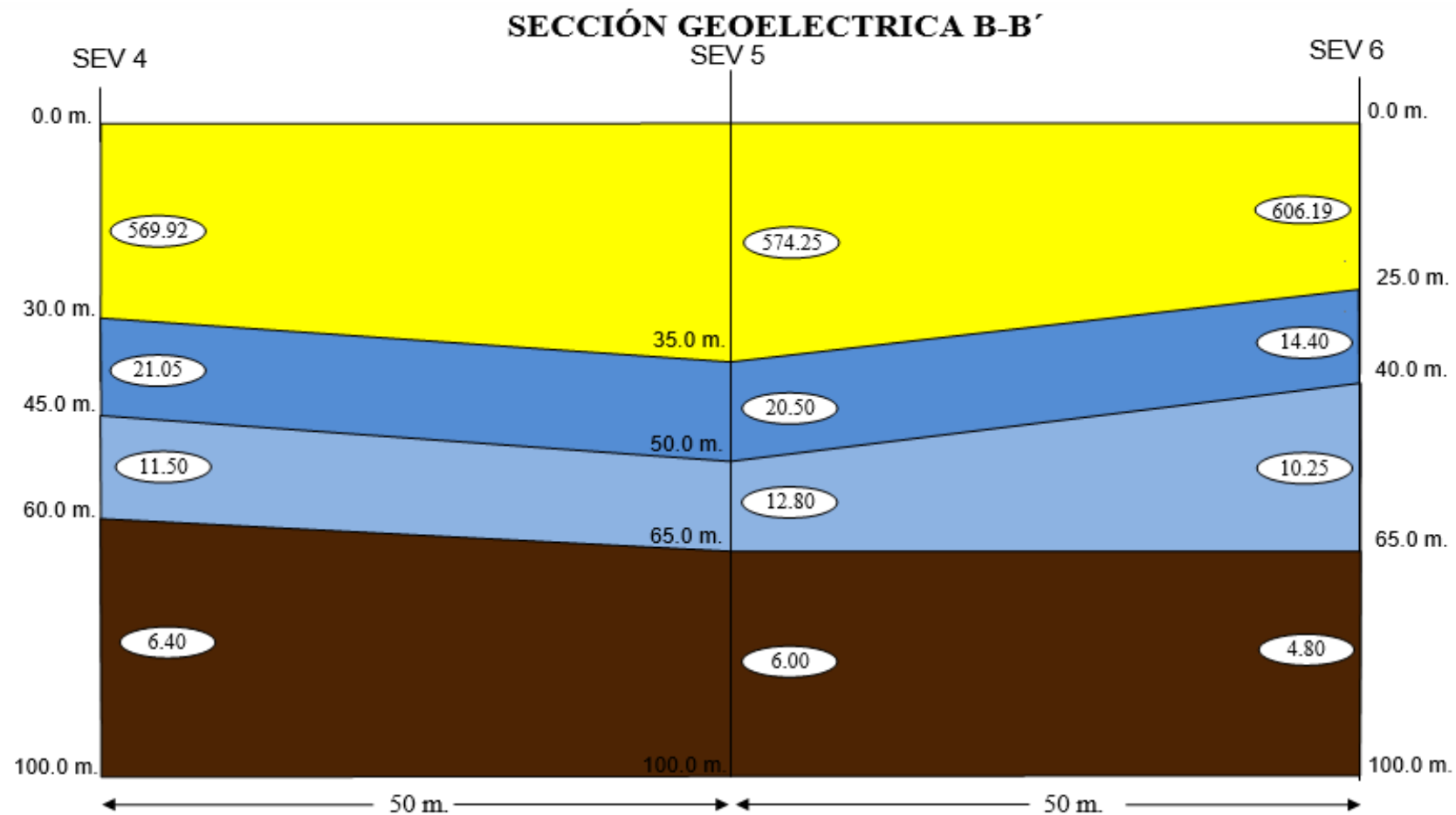


FIGURA N° III.6: Sección Geoelectrica A-A'



LEYENDA: SEV = Sondaje Eléctrico Vertical
 (125) = Resistividad Real, ohm-m

Figura 07

ESCALA: INDICADAS

FIGURA N° III.7: Sección Geoelectrica B-B'

Resistividades del horizonte permeable saturado.

En el Plano N° 05 se presentan las curvas de las resistividades del horizonte permeable saturado, se presentan variaciones entre 14.40 a 31.50 Ohm-m, lo que lo hace horizonte con resistividades promedio, con agua de mediano a alto grado de mineralización.

Espesores del horizonte permeable saturado.

Estas curvas se muestran en el Plano N° 06, donde se muestran las variaciones de los espesores del horizonte productivo; es decir, la parte más importante del acuífero, permitirán recomendar fuentes de agua subterránea (pozos) de exploración-explotación con profundidades que atraviesen el horizonte aprovechable. Encontrando espesores del horizonte permeable saturado entre 15 – 25 m. El mayor espesor se encuentra en el SEV 03, mientras que el menor espesor se encuentra en el SEV 4.

Basamento Hidrogeológico Impermeable.

En el anexo de secciones geoelectricas se muestra el Basamento hidrogeológico, esto hace referencia a la zona subterránea en la cual se encuentra el basamento confinado e impermeable. El basamento se presenta a partir de los 70 m en promedio. El basamento rocoso se evidencio en profundidad investigada de 100 m. en la zona de ejecución del proyecto.

Claves de lectura:

Para analizar cada sondaje, específicamente y en detalle, se debe recurrir al cuadro de resultados numéricos correspondiente y a la sección geoelectrica. El cuadro de resultados resume todos los valores obtenidos de la interpretación numérica o cuantitativa de todos los Sondajes Eléctrico Verticales ejecutados. Las curvas de resistividades aparentes se anexan en la parte final del presente estudio.

HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA DEL AREA DE INVESTIGACION.

HIDROLOGIA.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CUENCA.

El ámbito de la zona de estudio se caracteriza por tener un escaso nivel de aporte pluviométrico anual, lo que la convierte en una región árida con la presencia de densos bosques de algarrobo que pueblan quebradas secas, con cercanías de grandes arenales.

El régimen de precipitaciones es estacional, con ligeras lluvias en el verano y ausentes el resto del año, pero por condiciones especiales de la naturaleza, con la presencia del Fenómeno "El Niño", las lluvias se intensifican, con la ocurrencia de máximas precipitaciones que activan las quebradas, presentando cursos hídricos temporales, los cuales pueden llegar a desembocar al océano pacífico.

CLIMATOLOGIA

Por su ubicación, cerca de la zona ecuatorial, presenta un clima cálido con temperaturas que van desde los 19°C en invierno hasta los 33°C en verano. Los problemas que se generan en la zona provienen del drenaje deficiente de las aguas pluviales extraordinarias que se presentan con la ocurrencia del Fenómeno El Niño.

Las características ambientales de Talara son de un clima esencialmente tropical, desierto súper árido premontano tropical, es decir, precipitaciones escasas en verano, caracterizado por un clima de desierto (prácticamente sin lluvias).

El régimen de precipitaciones es estacional, muy ligeras lluvias en verano y ausentes el resto del año, con la presencia del fenómeno del niño las lluvias se intensifican y en algunos casos se presentan acompañados de tormentas eléctricas.

- **Precipitación:**

Como se mencionó anteriormente, las lluvias en épocas normales, son escasas en la zona; está caracterizado por un clima propio de desierto, prácticamente sin lluvias en donde el promedio máximo de precipitación total por año es menor de 15 mm, con excepción de años excepcionales y anómalos en donde la precipitación total anual supera grandemente este valor.

Si hacemos una comparación entre los valores obtenidos, se puede determinar que las precipitaciones se concentran durante el verano, o sea en los meses de enero, febrero, marzo y abril; en los meses restantes las lluvias son casi nulas.

DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL

La red hidrográfica está conformada por quebradas secas e intermitentes que permanecen secas la mayor parte del año, activándose en épocas de lluvias.

En el área definida la red de drenaje es escasa, existiendo sólo pequeñas quebradas secas (mayormente cubiertas por la acción eólica) y algunas quebradas intermitentes, con algunos pequeños afloramientos dispersos de tramos muy cortos que se pierden antes de llegar al litoral.

Sólo durante las épocas de la ocurrencia de las máximas precipitaciones (como el fenómeno de “El Niño”), se presentan cursos hídricos temporales en las quebradas, las cuales pueden llegar a desembocar al Océano Pacífico.

INVENTARIO DE POZO O FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA.

El objetivo de esta actividad es determinar la cantidad y situación actual de los pozos, así como las fuentes de agua existentes en la zona. Esta información permitirá conocer la situación física y técnica de los pozos, así como cuantificar la masa de agua que se explota del acuífero.

Se ha tomado como referencia pozos ubicados en Máncora, por ser los existentes más cercanos y presentar profundidades semejantes a los obtenidos en la prospección geofísica.

Con referencia a las fuentes de agua superficial, en la zona estudiada se presentan pequeñas quebradas que generalmente se encuentran inactivas; es decir, no discurre agua por ellas gran parte del año, por lo que no se consideran como fuentes útiles de agua.

Inventario de Pozos.

El inventario se realizó en el mes de enero del presente año, para ello se contó con el equipo necesario para la actualización de la información concerniente a los pozos tubulares.

Se inventariaron 04 pozos tubulares, incluyéndose el pozo perforado en el predio de INKATERRA, los 3 restantes se encuentran ubicados en la Quebrada Fernández. El resumen del inventario puede observarse en el siguiente Cuadro y la ubicación se aprecia en el Plano N° 08.

➤ Estado y uso de los pozos.

Los pozos ubicados en la Qda. Fernández vienen siendo utilizados normalmente y se utilizan para uso poblacional, el pozo Cabo Inka se encuentra en estado utilizable, motivo por el cual se presenta el presente estudio para obtener la licencia de uso para empezar a utilizarlo, se utilizará para riego de áreas verdes.

CUADRO N° III.6: Inventario de Pozos.

IRHS	NOMBRE DEL POZO	COTA DE TERRENO (m.s.n.m.)	COORDENADAS UTM WGS84		PERFORACIÓN					EQUIPO DE BOMBEO					NIVELES DE AGUA Y CAUDAL						C.E. (mmhos/cm)	RÉGIMEN DE APROVECHAMIENTO							
					AÑO	TIPO	PROF. INICIAL (m)	PROF. ACTUAL (m)	DIÁMETRO (m)	MOTOR			BOMBA		FECHA	P.R. SUELO (m)	N. ESTÁTICO		CAUDAL (l/s)	N. DINÁMICO		ESTADO DEL POZO	USO	RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN				VOLUMEN (m3/año)	
			ESTE (m)	NORTE (m)						Marca	Tipo	HP	Marca	Tipo			Prof. (m)	m.s.n.m.		Prof. (m)				m.s.n.m.	h/d	d/s	s/m		m/a
			S/N	N° 06 EPS GRAU - Máncora	36.00	503621	9542588	1996	T	35	35	12"				Hidrostal	S	06/01/2017	0.30	12.50		23.80	45	15.7	20.60	2.10	Utilizado	P	15
S/N	N° 07 EPS GRAU - Máncora	32.00	503195	9543286	1996	T	32	32	12"				Hidrostal	S	06/01/2017	0.40	8.80	23.60	25	11.1	21.30	2.20	Utilizado	P	12	7	4	12	393120.00
S/N	Agua de Tumbes - Cancas	38.00	503552	9542985	1996	T	23	23	10"				--	--	06/01/2017	0.30	7.20	31.10	9	11.8	26.50	1.80	Utilizable	P					
S/N	Cabo Inka	26.00	472893	9528844	2016	T	70	70	8"				Pedrollo	S	06/01/2017	0.35	22.00	4.35	5	24.67	1.68	9.16	Utilizable	R	4	7	4	12	26208.00

3.5. Aspectos éticos.

La ejecución del presente proyecto se desarrolló teniendo en cuenta el cuidado y conservación del medio ambiente y buscando el aprovechamiento responsable de recursos hídricos subterráneos teniendo presente las bases legales del país en cuanto a la explotación de los mismos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Resultados.

CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA DEL ACUIFERO.

Tomando como información la geología y geomorfología del lugar y la información de pozos, así como también las observaciones de campo, se ha determinado que el acuífero del área investigada está cubierto principalmente por depósitos aluviales de edad cuaternaria que rellenan la zona.

GEOMETRÍA DEL RESERVORIO.

Forma y límites.

De acuerdo a los SEVs realizados y a investigaciones anteriores se presenta un acuífero libre en la parte superior con alta permeabilidad con agua salobre a dulce., seguido de un acuífero semiconfinado que presenta una mediana permeabilidad, con agua de salobre a salada.

Presentan formas regulares, con ligera sinuosidad, básicamente para el acuífero confinado, ya que se encuentra en contacto inferior con el basamento que básicamente es arcilloso.

Lateralmente, el acuífero se encuentra limitado por afloramiento de rocas sedimentarias de edades terciarias; en las que podemos señalar la formación Chira – Verdum.

Dimensión

El reservorio que conforma el acuífero de dulce a salobre aprovechable en el sector evaluado, está constituido por arenas sueltas de origen marinos – eólicos saturados de agua salobres, identificados a profundidades que varían de 5 a 30 m de acuerdo a la altitud respecto al mar.

De acuerdo a investigaciones geofísicas, se presenta que el acuífero explotable presenta buenas características de permeabilidad y espesores promedios de entre 20 – 30 m.

EL MEDIO POROSO

Características Litológicas

Basándose en la investigación geológica – geomorfológica y la información de perfiles de pozos se ha podido definir que el acuífero está constituido por sedimentos aluviales y eólicos, así como por depósitos de la Fm. Chira – Verdum.

Los depósitos litológicamente están conformados por cantos rodados, arenas de diferente textura, algunos depósitos limosos.

Los sedimentos del terciario, están constituidos por un conglomerado basal con clastos de granitos provenientes del basamento, encima areniscas blancas bien estratificadas.

LA NAPA FREÁTICA.

La napa freática es predominantemente libre; siendo su principal fuente de alimentación el mar en las zonas más próximas a él, y a medida que se va alejando del mar su fuente son las aguas que se infiltran de la parte alta de la cuenca y a lo largo del cauce de las quebradas.

MORFOLOGÍA DE LA NAPA – HIDRO ISOHIPSAS

De acuerdo a la información de los pozos y a la información geofísica, se ha encontrado que el agua en la zona de Cabo Blanco presenta unas cotas entre 3 y 5 m.s.n.m., mientras que en los pozos alejados existe una variación entre 23 y 31 m.s.n.m.; debido a que el agua se encuentra más cerca de la superficie del suelo.

Por lo tanto, el sentido del flujo de agua tiende a ser de Noreste a Suroeste, con una gradiente promedio de 5%.

CUADRO N° IV.1: Morfología de la Napa Freática

Sentido del flujo	Pozo	Cota de N.E (m.s.n.m.)
NE - SO	N° 06 Máncora	23.80
	N° 07 Máncora	23.60
	Agua de Tumbes	31.10
	Cabo Inka	4.35

FLUCTUACIONES DEL NIVEL FREÁTICO

La información recopilada de los controles piezométricos y la información obtenida anteriormente, se analizó las fluctuaciones de los niveles de agua mostrados en la siguiente Figura.

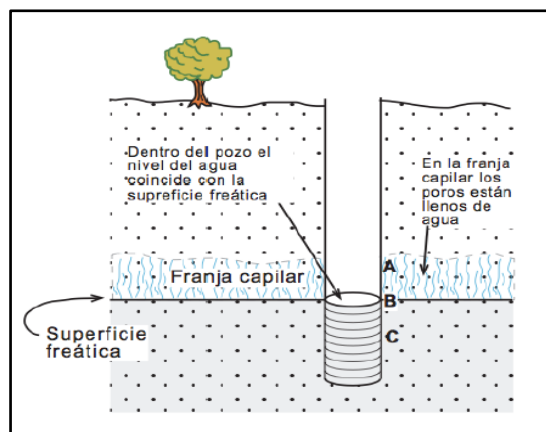


FIGURA N° IV.1: Profundidad de los Niveles Estáticos.

Con los controles piezométricos realizados en el presente estudio, las variaciones del nivel freático generalmente tienen comportamiento estacional, varían de acuerdo a la época del año elevándose mayormente en los meses de verano debido principalmente a precipitaciones mayores de lo normal. En los meses de Enero – Abril se incrementan más, siendo los meses de mayor precipitación, sucediendo lo contrario en época de menor precipitación donde el acuífero subterráneo va disminuyendo su recarga por efectos de las bajas precipitaciones.

ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA

La recarga del acuífero proviene de las infiltraciones del mar que lo limita en toda su extensión, así como también infiltraciones de las quebradas presentes en la zona de estudio en épocas lluviosas.

Con respecto a la descarga, principalmente tenemos el mar como fuente de descarga, por lo que otras fuentes no se han considerado en el presente estudio. En la Figura mostrada a continuación se puede ver un modelo de cómo es la descarga en la zona evaluada.

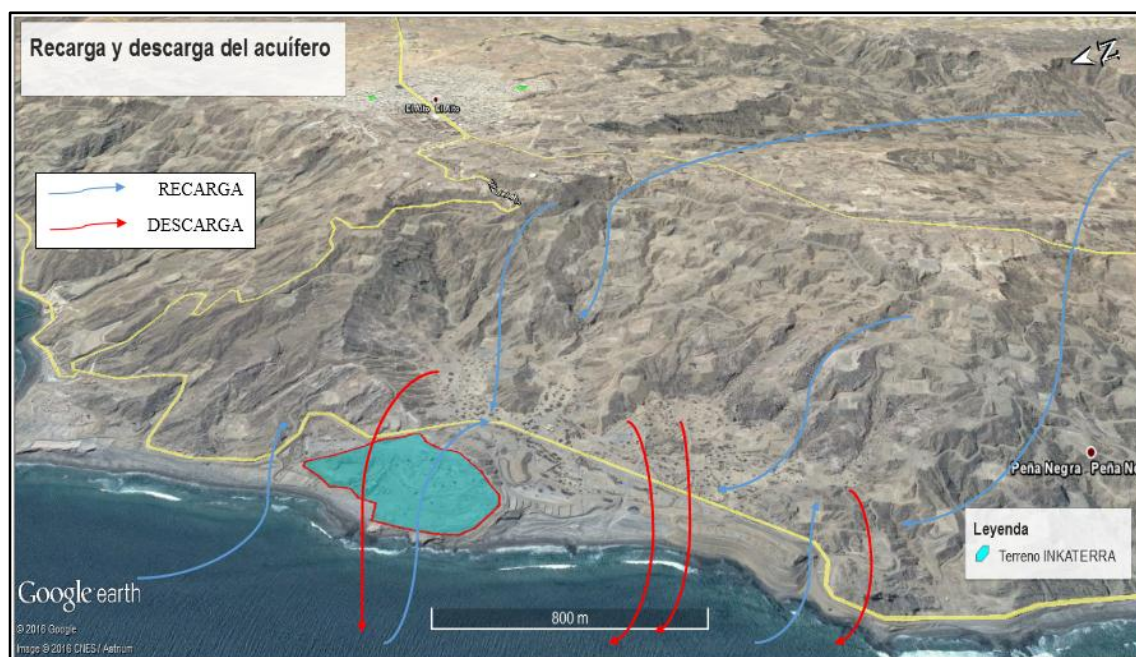


FIGURA N° IV.2: Recarga y Descarga del Acuífero

ISOPROFUNDIDAD DE LA NAPA

La profundidad de los niveles estáticos en la zona de Cabo Blanco es de 22.00 m en promedio; sin embargo, en la toda la zona estudiada el nivel estático de los pozos es en promedio 10.00 m. El nivel más bajo se presenta en el Pozo Cabo Inka, con una profundidad de 21.65 m, mientras que el nivel más bajo es 6.90 m y se presenta en el Pozo Agua de Tumbes – Cancas.

CUADRO N° IV.2: Profundidades del Nivel Estático

Pozo	Profundidad de N.E (m.s.n.m.)
N° 06 Máncora	12.20
N° 07 Máncora	8.40
Agua de Tumbes	6.90
Cabo Inka	21.65

HIDRODINAMICA SUBTERRANEA.

En todo estudio hidrogeológico, la ejecución de la hidráulica subterránea permitirá determinar las características físicas y el funcionamiento del acuífero. Al respecto, debe indicarse dentro de la hidráulica subterránea, uno de sus componentes es la hidrodinámica, la cual estudia el funcionamiento del acuífero y el movimiento del agua en un medio poroso, es decir cuantifica la capacidad de almacenar y transmitir agua. En ese sentido, para determinar las características hidráulicas del acuífero, se ha empleado la técnica de evaluación mediante las pruebas de bombeo, metodología utilizada para estudiar el acuífero en condiciones casi naturales.

PRUEBA DE BOMBEO.

En la ejecución de estas pruebas, se observa los efectos provocados en la superficie freática o piezométrica del acuífero, por la extracción de un caudal conocido. Los efectos (abatimientos) son registrados en el pozo de bombeo y en los piezómetros (en caso de existir).

En el presente estudio se ejecutó una prueba de bombeo, realizado en el Pozo Cabo Inka. Los resultados obtenidos en el campo se interpretaron en gabinete utilizando el Método de Theis – Jacob en régimen transitorio utilizando el siguiente caudal:

Pozo Cabo Inka: $Q = 5.00 \text{ l/s}$

La información que se obtuvo de la interpretación y sus gráficos respectivos se muestran en el Anexo III: Prueba de bombeo.

PARÁMETROS HIDRÁULICOS.

a) Transmisividad (T)

Es el volumen de agua que atraviesa una banda de acuífero de ancho unitario en la unidad de tiempo y bajo la carga de un metro. Es representativa de la capacidad que tiene el acuífero para ceder agua. Se calcula utilizando la siguiente formula:

$$T = 0.183 * \frac{Q}{\Delta s}$$

Donde:

T (m²/día) = transmisividad

Q (m³/día) = caudal de explotación

Δs (m) = descenso en un ciclo con la recta ajustada

En el Cuadro siguiente se muestra la clasificación de los acuíferos según su transmisividad, con la finalidad de conocer qué tipo de acuífero se encuentra en la zona.

CUADRO N° IV.3: Clasificación de acuíferos según su Transmisividad

Clasificación del Acuífero según su Transmisividad	Transmisividad (m ² /día)
Impermeable	0 < T < 1
Poco Permeable	1 < T < 10
Algo Permeable	10 < T < 100
Permeable	100 < T < 1000
Muy Permeable	T > 1000

Fuente: Custodio y Llamas, 1983

b) Conductividad hidráulica o permeabilidad (K)

La conductividad hidráulica o simplemente permeabilidad es una característica específicamente ligada a la Ley de Darcy que se refiere al flujo de fluidos a través de los suelos. La conductividad hidráulica, generalmente representado por la letra K, es extremadamente variable, según el tipo de suelo.

La permeabilidad K se obtiene como cociente entre la transmisividad (T) y el espesor del acuífero (E). La fórmula para calcular la permeabilidad es:

$$K = \frac{T}{E}$$

Una calificación cualitativa de los valores de la permeabilidad puede verse en el Cuadro N° 10

CUADRO N° IV.4: Calificación de la Permeabilidad

K (m/día)	Calificación estimativa
$K < 10^{-2}$	Muy baja
$10^{-2} < K < 1$	Baja
$1 < K < 10$	Media
$10 < K < 100$	Alta
$K > 100$	Muy alta

Los valores de Transmisividad y Conductividad Hidráulica obtenidos de la prueba de bombeo realizada en el pozo Cabo Inka se resumen en el siguiente Cuadro:

CUADRO N° IV.5: Transmisividad y Conductividad Hidráulica

Nombre del Pozo	T (m ² /día)			K (m/día)		
	Descenso	Recuperación	Promedio	Descenso	Recuperación	Promedio
Cabo Inka	79.06	54.90	66.98	1.76	1.22	1.49
	Transmisividad promedio =		66.98	Conductividad hidráulica promedio =		1.49

Por lo tanto, el acuífero en la zona de estudio de acuerdo a su transmisividad es un **Acuífero algo permeable**. Así mismo por presentar una permeabilidad media significa que es un **Acuífero regular**

c) Coeficiente de almacenamiento (S)

Es adimensional. Se refiere al volumen que es capaz de liberar el acuífero al descender en una unidad el nivel piezométrico (o la presión). Se define como el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero, de sección igual a la unidad y altura la del espesor saturado, si se produce un descenso unidad del nivel piezométrico, coincide con la suma del agua liberada por el acuífero como consecuencia de la dilatación que ésta sufre al descomprimirse y el agua que cede el terreno al compactarse el armazón por tener que soportar la mayor parte el peso del terreno suprayacente. En la Cuadro siguiente se presenta los valores de S para diferentes tipos de acuíferos relacionado a su material.

CUADRO N° IV.6: Valores de Coeficiente de Almacenamiento

Material Acuífero	Funcionamiento del Acuífero	Valor de S
Acuíferos Cársticos	Libre	0.02 - 0.06
Calizas	Semiconfinado	10^{-3} - 5×10^{-4}
Dolomías	Confinado	10^{-4} - 5×10^{-5}
Acuíferos Poroso	Libre	0.05 - 0.15
Intergranulares	Semiconfinado	10^{-4}
Gravas	Confinado	10^{-4}
Arenas		
Acuíferos Cársticos y porosos calcarenitas	Libre	0.15 - 0.18

Para determinar el coeficiente de almacenamiento es indispensable que al momento de realizar la prueba de bombeo exista un piezómetro, en este caso no existió por lo que toma como valor el valor para un acuífero semiconfinado, con material de arenas:

$$S = 0.0001$$

d) Radio de influencia.

El método de interpretación utilizado, considerando el fenómeno de la evolución transitoria de los niveles piezométricos, es el de la fórmula de no equilibrio, de la aproximación semilogarítmica de Theis-Jacob y que se traduce analíticamente por la relación:

$$R_a = 1.5 * \sqrt{\frac{T * t}{S}}$$

Donde:

R_a = radio de influencia, m.

T = transmisividad, m²/día.

t = tiempo de bombeo, m/día.

S = coeficiente de almacenamiento.

Entonces, de acuerdo a la formula mostrada anteriormente y a los valores de T y S se han calculado los radios de influencia para un tiempo de bombeo de 24 horas, y se muestra en el siguiente Cuadro.

CUADRO N° IV.7: Resumen de Coeficiente de Almacenamiento y Radio de Influencia

TIEMPO BOMBEO (horas)	TIEMPO BOMBEO (segundos)	T (m²/seg)	S	Ra (m)
1	3600	0.000775	0.0001	251
2	7200	0.000775	0.0001	354
4	14400	0.000775	0.0001	501
6	21600	0.000775	0.0001	614
8	28800	0.000775	0.0001	709
10	36000	0.000775	0.0001	792
12	43200	0.000775	0.0001	868
14	50400	0.000775	0.0001	938
16	57600	0.000775	0.0001	1002
18	64800	0.000775	0.0001	1063
20	72000	0.000775	0.0001	1121
22	79200	0.000775	0.0001	1175
24	86400	0.000775	0.0001	1228

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, de acuerdo a los radios de influencia obtenidos en el Cuadro anterior, tenemos que el radio de influencia máximo en un bombeo de 24 horas es de 1228 m, siendo esta la mínima distancia a tomar en cuenta cuando se desee perforar un pozo en la zona de Cabo Blanco, con la finalidad que no haya interferencia en los conos de descenso en cada pozo, generando descensos de niveles muy altos que afecten considerablemente el acuífero.

HIDROGEOQUIMICA.

La caracterización Hidrogeoquímica de las aguas subterráneas se ha estudiado desde el punto de vista de las relaciones entre las distintas variables físico –

químicas. Para tener referencias del grado de mineralización del agua en el acuífero del sector investigado, se ha realizado un análisis físico químico de agua de pozo Cabo Inka.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN HIDROGEOQUÍMICA

La muestra fue analizada en el Laboratorio de la “UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA”, Facultad de Agronomía. El resumen de los resultados se muestra en el siguiente Cuadro y la ficha de resultados se muestra en el Anexo IV.

CUADRO N° IV.8: Resultados del Análisis Físico – Químico.

Parámetros		Unidad	IRHS S/N - POZO CABO INKA
	pH		7.43
	C.E.	dS/m	9.16
Cationes	Calcio	meq/litro	20.40
	Magnesio	meq/litro	13.46
	Sodio	meq/litro	57.53
	Potasio	meq/litro	0.31
Aniones	Carbonatos	meq/litro	0.00
	Bicarbonatos	meq/litro	36.36
	Sulfatos	meq/litro	3.78
	Cloruros	meq/litro	51.46
RAS			14.00
Clasificación			C4 - S4

Fuente: Elaboración Propia

Características físicas.

- **pH**

Es la medida de la concentración de iones de hidrogeno (H⁺). El agua neutra (agua destilada) tiene un pH = 7, el agua acida pH < 7, y el agua alcalina un pH > 7. En los resultados de la muestra de agua se presenta:

pH = 7.43

Es decir: **Agua alcalina.**

- **Conductividad Eléctrica.**

La conductividad eléctrica (C.E.) es la recíproca de la resistencia eléctrica e indica en forma indirecta la concentración salina de una solución, así a mayor concentración de sales mayor será la conductividad eléctrica.

Las sales disueltas en el suelo disminuyen el potencial osmótico y exige a las raíces un esfuerzo adicional para absorber el agua, lo cual puede ocasionar una reducción en los rendimientos de los cultivos.

CUADRO N° IV.9: Clasificación del agua de riego en función de su C.E

CLASIFICACIÓN	CE (mmhos/cm)	RIESGO DE SALINIDAD
C1	0.10 – 0.25	Bajo
C2	0.25 – 0.75	Medio
C3	0.75 – 2.25	Alto
C4	> 2.25	Muy Alto

Fuente: Custodio, E. y Llamas, M.R. (1986). Hidrología subterránea. Omega

De acuerdo al inventario de pozos citado anteriormente se tiene que el agua de acuerdo a su conductividad eléctrica presenta riesgo de salinidad de alto a muy alto.

Teniendo en cuenta que el cuadro regional de la mineralización global o grado de salinidad se muestra de acuerdo a la conductividad eléctrica, se ha elaborado la lámina de Curvas de Isoconductividad Eléctrica. (Ver anexos).

- **Sodicidad.**

Este criterio también se denomina, criterio de permeabilidad o criterio de infiltración, etc., precisamente porque el efecto del sodio es disminuir esas propiedades en el suelo.

Calculo del RAS (Relación de adsorción de sodio):

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Donde los cationes se expresan en meq/l.

Reemplazando los datos de los resultados de los análisis de agua se obtiene:

$$RAS = 14.00$$

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

La composición química del agua subterránea se refiere al contenido de iones (aniones y cationes) disueltos en el agua. Para visualizar la composición química de las aguas, se ha elaborado el Diagrama de Schoeller (ver Anexo) en el cual se observa lo siguiente:

Predominan los iones:

Sodio (Na) y Cloro (Cl)

Así también de acuerdo al Diagrama de Piper (ver Anexo IV), se clasifica el agua como: **Clorurada sódica.**

El diagrama de Clasificación de agua para riego ha determinado que el agua muestreada se clasifica como:

Agua de calidad C4 – S4

Es decir:

C4: Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.

S4: Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

- **Dureza**

La dureza del agua de riego es un índice que valora el contenido de calcio y magnesio en el agua. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Dureza = \frac{(Ca^{+} \times 2.5 + Mg^{+} \times 4.12)}{10}$$

*Donde los cationes se expresan en mg/l.

De acuerdo a la fórmula, se ha obtenido que la dureza en el pozo Cabo Inka es la siguiente:

Pozo	Dureza (GHF)
Cabo Inka	118.57

En la tabla N° 15 se muestra la clasificación del agua según su dureza, y comparando los resultados obtenidos, tenemos que el agua se clasifica como AGUA MUY DURA.

Tabla N° 15: Clasificación del agua de riego según su dureza

TIPO DE AGUA	GRADOS HIDROMETRICOS FRANCESES
Muy Blanda	Menor de 7
Blanda	7 – 14
Semiblanda	14 – 22
Semidura	22 – 32
Dura	32 – 54
Muy Dura	Mayor de 54

DEMANDA DE AGUA DEL PROYECTO.

El agua se utilizará principalmente para el riego de áreas verdes y para limpieza de servicios higiénicos. Si bien el agua no es dulce, se tratará ésta con

la finalidad de que no afecte el crecimiento de las plantas que se sembraran. En la Cuadro N° 16 se muestra la demanda de agua para las actividades mencionadas

CUADRO N° IV.10: Demanda anual de agua

Tipo de cultivo o actividad	Área sembrada (m2)	Demanda de agua diario (l/m2/d)	Demanda de agua total diaria (l/d)	Demanda mensual (m3/mes)												Total (m3/año)
				Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Césped	5000	8	40000.0	1240.0	1120.0	1240.0	1200.0	1240.0	1200.0	1240.0	1240.0	1200.0	1240.0	1200.0	1240.0	14600.0
Arboles	100	12	1200.0	37.2	33.6	37.2	36.0	37.2	36.0	37.2	37.2	36.0	37.2	36.0	37.2	438.0
Arbustos ornamentales	250	6	1500.0	46.5	42.0	46.5	45.0	46.5	45.0	46.5	46.5	45.0	46.5	45.0	46.5	547.5
Servicios higiénicos			2000.0	62.0	56.0	62.0	60.0	62.0	60.0	62.0	62.0	60.0	62.0	60.0	62.0	730.0
Total			44700.0	1385.7	1251.6	1385.7	1341.0	1385.7	1341.0	1385.7	1385.7	1341.0	1385.7	1341.0	1385.7	16315.5

Por lo tanto, de acuerdo al Cuadro anterior se observa que anualmente se necesita un volumen de 16315.5 m3, un volumen bajo comparándolo con volúmenes de uso en otras zonas.

➤ **REGIMEN DE BOMBEO.**

El régimen de bombeo está condicionado siempre al caudal de explotación, ya que a mayor caudal el tiempo de bombeo será menor. En el Cuadro siguiente se detalla el régimen de bombeo, con un caudal de 5 l/s.

CUADRO N° IV.11: Régimen de bombeo

Nombre de pozo	Caudal (l/s)	Horas de bombeo día	Volumen de explotación mensualizado												Total (m3/s)
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Cabo Inka	5.00	4	2232	2016	2232	2160	2232	2160	2232	2232	2160	2232	2160	2232	26280

El volumen de explotación anual es de 26280 m3, con un caudal de 5 l/s, este volumen es suficiente para abastecer la demanda de agua. Se ha considerado 4 horas de bombeo para satisfacer sin inconvenientes la

demanda, así mismo es preferible bombear un volumen adicional para cualquier emergencia. El agua se almacenará en tanques para que pueda ser tratada para que no perjudique a los cultivos.

Con dicho tiempo y caudal de bombeo no se perjudica el acuífero, los descensos serán mínimos y no existirá injerencia cuando se desee perforar un pozo cercano a la zona.

DISPONIBILIDAD HIDRICA.

Se ha elaborado el balance hídrico en el pozo Cabo Inka con la finalidad de conocer si el pozo abastecerá sin inconvenientes la demanda de agua. En el Cuadro siguiente se ha calculado el balance.

CUADRO N° IV.12: Balance hídrico del pozo

Disponibilidad hídrica del pozo			
Pozo	Oferta (m³/año)	Demanda (m³/año)	Balance (m³/año)
Cabo Inka	26280	16315.5	+9964.5

Por lo tanto, existe disponibilidad hídrica en el pozo, con un superávit hídrico de +9964.5 m³, considerando que solo se aplica en un bombeo de 4 horas al día, por lo que el pozo puede abastecer una mayor demanda de agua a medida que aumente el tiempo de bombeo.

Para desarrollar el balance hídrico en toda la zona acuífera, es indispensable desarrollar un estudio más complejo e íntegro, ya que se deben hacer evaluaciones hidrológicas, climatológicas, actividades económicas, prospección geofísica, etc.

MODELO CONCEPTUAL.

El modelo de agua subterránea es una representación física - matemática que simplifica la hidrogeología de una zona o dominio seleccionado.

Numéricamente se puede definir el sistema modelado por una serie de parámetros y variables que gobiernan el flujo y la conservación de la masa en medios porosos (La Ley de Darcy, ecuación de continuidad, ecuación de la difusividad), basados en observaciones reales y percepciones de la zona seleccionada.

El modelo conceptual del sistema acuífero de la zona evaluada se ha planteado a partir del análisis conjunto de la información geológica, hidrogeológica y geofísica, con el objetivo de cuantificar el flujo de agua explotable.

En este contexto, y en base a los conocimientos referidos a la hidrodinámica que siguen las aguas subterráneas, el acuífero en mención se evaluó mediante el software Visual Modflow Flex 2015.1. Como se puede ver en las siguientes figuras donde se muestran los techos de las superficies subterráneas en la zona evaluada.

PLATAFORMAS:

Para la elaboración de las plataformas o capas, se procedió a la recopilación de la información cartográfica digital correspondiente a topografía superficial, topografía del basamento y características hidráulicas del acuífero. Fue necesario recopilar información de prospección geofísica, así como información geológica e hidrogeológica.

a) Topografía de superficie

Para la generación de la topografía de superficie se trabajó con las cotas de los pozos tomadas del Inventario, también utilizando el software Google Earth, la información se procesó en ArcGis, obteniendo como producto final las referidas curvas topográficas del ámbito de la zona de trabajo, las mismas que también se han convertido a puntos para su traslado al software de Visual Modflow Flex. En la FIGURA N° 11 se muestra la capa del terreno, mostrándose sinuosidades en el terreno a causa de la geología de la zona.

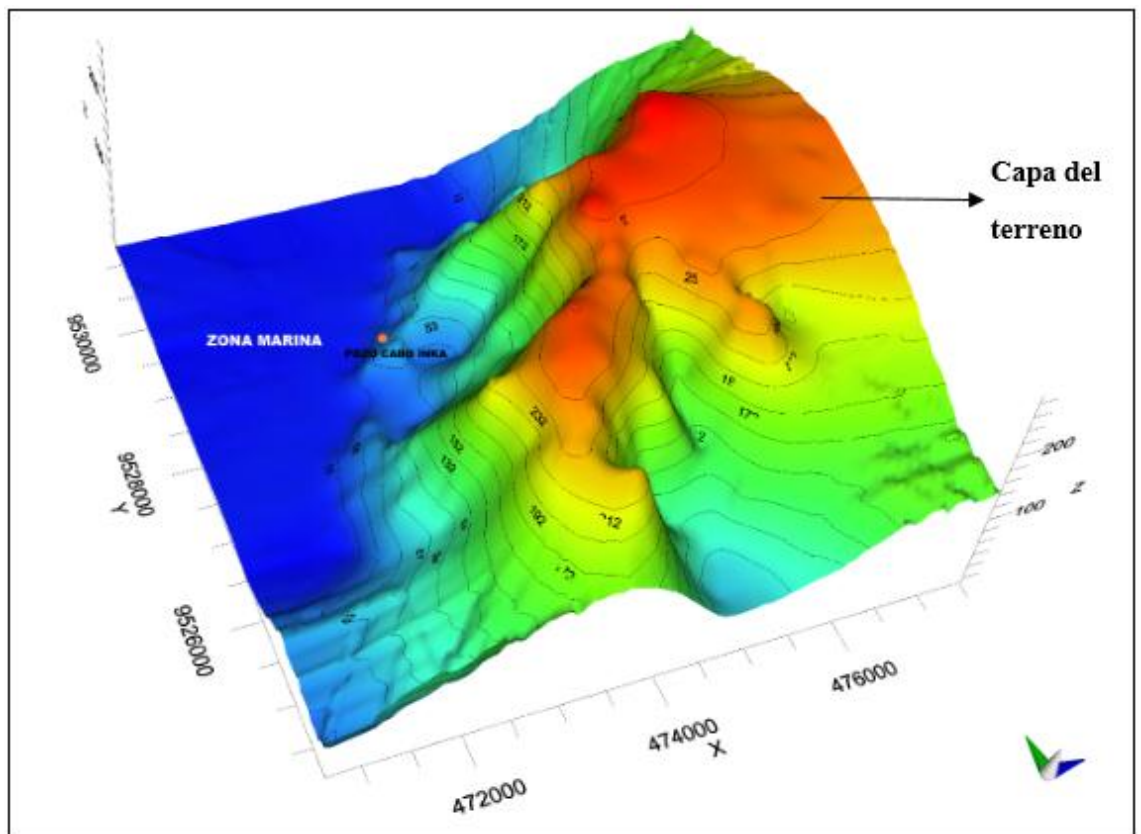


FIGURA N° IV.3: Topografía de la Superficie

b) Estratos sub superficiales

Estos estratos indican aquellos estratos subterráneos, los mismos que fueron generados con la información geofísica proporcionada de los sondeos eléctricos verticales SEV realizado por el consultor, e información anterior de SEVs hechos en la zona; a estos sondeos se le asignó su respectiva cota topográfica en base al modelo digital de terreno (DEM). En las siguientes figuras se muestran los techos de la superficie no productiva y del acuífero de explotación. En la FIGURA N° 11 se muestran todos los estratos obtenidos, en 3D, detallándose cuál es la zona de la cual se explotará el agua.

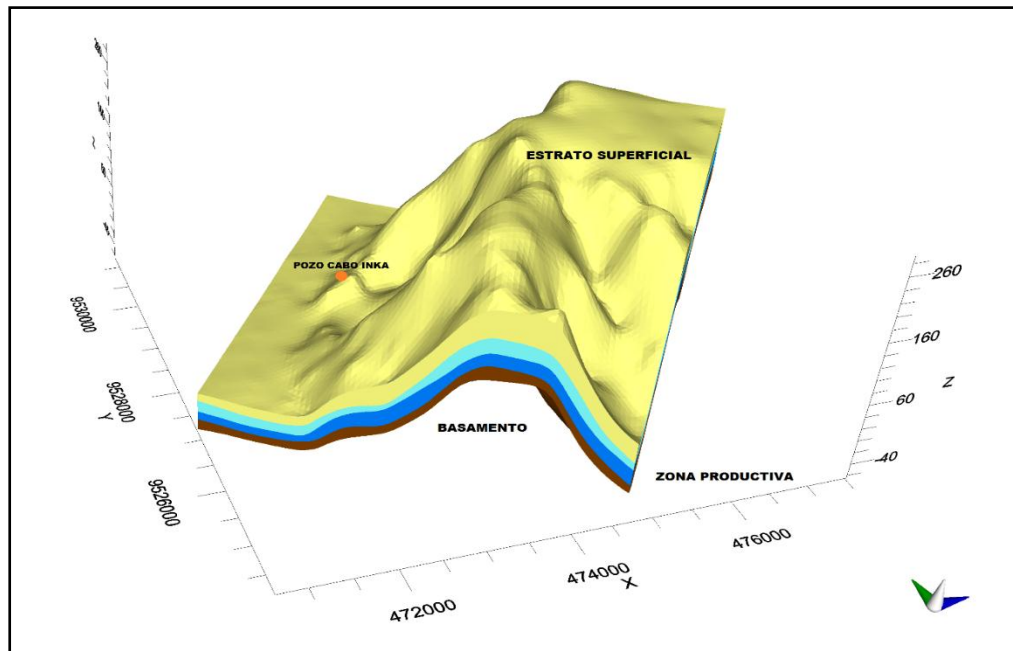


FIGURA N° IV.4: Estratos Sub Superficiales

PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO

Los parámetros hidráulicos son los que se obtuvieron con la ejecución de la prueba de bombeo. Los valores utilizados fueron los siguientes:

$$T = 66.98 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$K = 1.49 \text{ m/día}$$

$$S = 0.0001$$

Diseño del modelo

El modelo conceptual se elaboró usando el programa modular de diferencias finitas, Visual Modflow Flex 2015. Este método simula la continuidad del sistema acuífero mediante matrices de celdas discretas, pero de propiedades uniformes.

Discretización espacial.

Se ha considerado un tamaño de malla de 5000 m x 5000 m. La grilla fue dividida en filas y columnas de 250 x 250, con distanciamiento de 20 m entre celdas.

Geometría del acuífero en la zona de estudio

Como se puede observar que existen 2 zonas que podrían ser explotadas, la primera (celeste) es agua salobre que podría ser utilizada para actividades simples, mientras que la segunda (azul) es un agua menor mineralizada (salobre); pudiendo servir para uso agrícola.

Limites impermeables

Los espesores promedio de cada zona es de aproximadamente 15 – 20 m cada una, a continuación, se observa el basamento impermeable (zona marrón) la cual está compuesta por arcilla compacta.

ANTEPROYECTO DEL POZO TUBULAR.

POZO PROYECTADO.

Para definir la ubicación del pozo, se ejecutaron 06 SEVs, además se realizó la evaluación geológica y geomorfológica, donde se han obtenido los horizontes y sus espesores. Se definió el SEV 3 como punto para la perforación del pozo en las siguientes coordenadas:

CUADRO N° IV.13: Coordenadas del pozo Proyectado

N° SEV	Coordenadas UTM WGS 84		Cota (m.s.n.m.)
	Este (m)	Norte (m)	
SEV 3	472882	9528812	24.00

DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO.

Para definir el diseño del pozo tubular, se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Características hidrogeológicas del sector.
- Características hidrodinámicas del acuífero.
- Litología.
- Volumen de agua requerido.
- Distribución temporal de la demanda.
- Costo de las instalaciones de explotación y mantenimiento de la captación.

En el presente estudio se presenta el diseño del pozo tubular, el cual fue elaborado gracias a la diagráfia eléctrica y a los análisis de suelos que se hicieron durante la perforación. El diseño se puede observar en los Anexos.

DISEÑO HIDRÁULICO DEL POZO

En el diseño hidráulico es necesario estimar el abatimiento y la probable posición del nivel dinámico (ND) en el pozo, basándose en las pérdidas de carga que se generarían dentro del pozo cuando este sea sometido a explotación.

Esta información es importante para estimar la profundidad a partir de donde se puede ubicar la sección filtrante, para este cálculo se utiliza la ecuación general de abatimiento:

$$\mathbf{ND = \Delta hT + NE}$$

Donde:
$$\Delta hT = AQ + BQ^2 + VC + \Delta i$$

La cual indica que el abatimiento total (ΔhT) es la suma de los abatimientos parciales, donde:

AQ es el abatimiento debido a las características hidrogeológicas del acuífero, **BQ²** Abatimiento debido a las características constructivas de la obra, **VC** debido a las variaciones cíclicas del nivel freático y **Δi** por la interferencia de pozos vecinos, que para el presente caso no existe.

El abatimiento debido a las características hidrogeológicas del acuífero, se empleó la fórmula de Theis – Jacob:

$$\Delta hT = (0.183Q/T)[\log(2.25Tt/rp^2S)] + BQ^2 + VC$$

Donde:

Q = Caudal del pozo, m³/seg.

T = Transmisividad m²/seg.

T = Tiempo de bombeo, seg.

rp = radio del tubo de ademe del pozo, m.

S = Coeficiente de almacenamiento, adimensional

B = Coeficiente de Walton, dependiente de la calidad constructiva de la obra.

La información básica considerada para el diseño es la siguiente:

Q = 0.005 m³/seg.

T = 0.000775 m²/seg.

t = 14400 seg. (4 horas de bombeo)

rp = 0.1016 m. (radio del pozo = 4")

S = 0.0001

B = 2500 s²/m⁵

VC = 1 m.

NE = 21.65 m.

Aplicando los datos considerados anteriormente en la fórmula de Theis - Jacob (AQ + BQ²), se ha obtenido los siguientes resultados:

Abatimiento (ΔhT) =	9.78
(ΔhT) corregido =	10.00
N.E. =	21.65
N.D. =	31.65

Por lo tanto, en el caso más extremo cuando el pozo se utilice constantemente puede tener un nivel dinámico de 31.65 m, que es la distancia mínima a la que debe ir la bomba sumergible, para que no succione material.

DISEÑO FÍSICO DEL POZO

Este diseño se elaboró tomando en cuenta las características hidráulicas y condiciones hidrogeológicas del área de estudio. El diseño físico ha consistido en definir las siguientes características:

- Diámetro y longitud de la sección de admisión.
- Diámetro y longitud del entubado ciego.
- Diámetro y profundidad de perforación.

a) Sección de admisión

La sección de admisión está representada por la columna de filtro que se localiza por debajo de la probable posición del nivel estático, tal como se puede apreciar en el Cuadro N° 20. El filtro que se utilizó es el de abertura tipo puente trapezoidal, diámetro de 8" y 1/4" de espesor, con abertura de 2.5 mm.

En lo referente al material, para una mayor duración se utilizará tuberías de PVC de Clase 10.

b) Entubado ciego

En la tabla N° 20, se pueden apreciar que existen 03 tramos de entubado ciego respectivamente que se localizan de la siguiente manera:

TCE = Tubería ciega externa. Tubería que sobresale de la superficie del suelo.

TCS = Tubería ciega superficie entubado que se extiende desde la superficie del suelo hasta empalmar con la columna de filtros.

TCI = Tubería ciega inferior. Entubado ciego localizado al fondo del pozo y funciona como trampa de arena o colector.

c) Perforación

Se perforó por el método de rotación. El diámetro de perforación fue de 12” en toda su longitud. El estudio recomienda perforar hasta 55.00 m. El resumen de los entubados y profundidades se puede ver en el Cuadro siguiente.

CUADRO N° IV.14: Diseño físico del pozo tubular

SEVs	Perforación del pozo		Entubado ciego 8” x 1/4”			Filtros 8” x 1/4”	Engravado
	Diámetro (pulg)	Prof. Máx. (m)	TCE De ...a...m	TCS De ...a...m	TCI De ...a...m	De ...a...m	De ...a...m
SEV 3	12”	0.00– 55.00	-0.50 – 0.00	0.00 – 25.00	50.00 – 55.00	25.00 – 50.00	0.00 – 55.00

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA PERFORACION.

Especificaciones Técnicas que se indican corresponden a la obra para la construcción "PERFORACION DE UN POZO TUBULAR" de propiedad de INKATERRA S.A.C.

A. TRABAJOS PRELIMINARES

Comprende la ejecución previa de construcciones e instalaciones de carácter temporal que tiene por finalidad brindar servicios al personal técnico administrativo y obrero. Así mismo permitir el almacenamiento y cuidado de los materiales durante el período de ejecución de la Obra.

❖ SEÑALIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE LA OBRA

Como los trabajos se realizarán en áreas de riesgo, se conducirán las operaciones de tal forma que se cause la menor obstrucción o

inconveniencias posibles al desarrollo de las labores y no se tendrá bajo construcción un área o cantidad de trabajo mayor del que se pueda ejecutar correctamente.

Antes del inicio de trabajos se coordinara con el Supervisor las acciones y el programa previsto para evitar en lo posible interferencias a las labores propias de la Empresa, considerando que la totalidad de los trabajos se ejecutaran en el plazo establecido, así como el cronograma incluido en estas especificaciones; cualquier modificación de trabajos que signifique una variación sustancial de la situación actual, haciendo uso en estos casos de las respectivas señales, avisos, tranqueras y demás dispositivos de control necesarios tanto diurno como nocturno.

❖ **INSTALACION DE CAMPAMENTOS PROVISIONALES**

Estos trabajos serán de carácter transitorio y así mismo de ejecución de obra, y se refiere a la construcción de un almacén de materiales, herramientas y equipos, y a la oficina del Residente y Supervisor. Las casetas serán construidas con materiales anti inflamables o metálicos, deben estar en buen estado de conservación (pintadas, identificadas con el nombre y logotipo de la compañía contratista).

Estos ambientes estarán ubicados dentro de la zona en la que se ejecutarán los trabajos de campo de tal forma que la distancia a recorrer tanto del personal como de los materiales, sean los más cortos posibles y no interfieran con el normal desarrollo de los trabajos.

Los materiales empleados en la construcción de los campamentos provisionales no podrán ser empleados en la ejecución de los trabajos de campo. Culminada la obra, estas construcciones deberán ser retiradas por el contratista, sin dejar restos de ningún tipo.

❖ **TRANSPORTE Y RETORNO DE EQUIPO DE PERFORACIÓN**

Esta partida comprende los trabajos necesarios para el adecuado transporte de equipo y herramientas al lugar de ejecución de la obra.

El traslado de equipo de perforación rotatorio cuenta; por lo general, con una unidad de transporte autopropulsado pesado, por lo tanto, se efectuará por vía terrestre, considerando para el análisis de la partida 1.03 horas para la movilización y 6.00 horas para la desmovilización teniendo en cuenta la distancia y las horas mínimas diarias de alquiler de equipo (4.00 horas). El transporte del equipo liviano se efectuará en la misma unidad de transporte del equipo de perforación.

Montaje y desmontaje de equipo de perforación

Esta partida comprende los trabajos necesarios para al adecuado montaje y desmontaje de equipo y herramientas al lugar de ejecución de obra.

El montaje de equipo de perforación rotatorio se realizará una vez instalado el equipo en la zona asignada para la perforación propiamente dicha, y consistirá en el izaje del equipo, el mismo que deberá quedar perfectamente vertical, para lo cual la mesa rotatoria deberá estar perfectamente horizontal, procediéndose a la instalación de templadores para asegurar la torre de perforación, de ser necesario.

Así mismo se deberá instalar los equipos complementarios como la bomba de agua y otros.

Una vez concluida la perforación satisfactoriamente, se procederá al desmontaje de los equipos, debiendo quedar la zona de trabajo asignada perfectamente limpia y uniforme, sin vestigios de material proveniente de la perforación y/o del desarrollo del pozo.

❖ EXCAVACIÓN Y PREPARACIÓN DE POZAS DE LODO.

Esta partida comprende la implementación necesaria a fin de que, durante el proceso constructivo, se tengan controlados los lodos provenientes de la perforación del pozo, tanto en la etapa de la

construcción del pozo exploratorio, como en la etapa del rimado del pozo hasta alcanzar el diámetro de diseño final.

La poza tendrá un diseño tal que permitirán la evacuación del exceso de agua, así como permitirán la retención de lodos, los mismos que al perder el exceso de humedad serán susceptibles de eliminación gradual, a fin de no tener poza demasiado grande.

Se recomienda ejecutar las pozas haciendo excavaciones en el terreno natural, para aplicar a la excavación realizada una capa de afirmado compactado de 0.10 m., sobre el cual se le aplicara mortero cemento arena 1:5 champeado.

Las pozas deberán contar con la señalización y seguridad suficientes a fin de evitar accidentes de terceros ajenos a la obra.

B. PERFORACIÓN DEL POZO.

❖ PERFORACIÓN DE POZO PILOTO DE 8" POR SISTEMA ROTATORIO.

Luego de la instalación del equipo y preparación de la cancha de trabajo, con los canales de circulación del lodo de perforación y sedimentadores necesarios, se procederá a la perforación piloto con el diámetro determinado.

Es con el taladro rotatorio del equipo de perforación que se perfora hasta la profundidad que considera el SEV; en 8" de Φ de la broca de la sarta de perforación, con recuperación de muestras de estratos en superficie que serán recolectadas cada dos metros, empezando desde la superficie y en cualquier cambio pronunciado de estratos.

La muestra total obtenida de cada intervalo se mezclará enérgicamente hasta obtener un volumen suficiente como para producir tres muestras representativas de un kilogramo cada una, las que son ubicadas en bolsas plásticas transparentes, identificadas por número y nombre del

estrato; este registro litológico conjuntamente con la diagrafiya permitirá establecer el perfil litológico del pozo.

El método empleado para la perforación será el de rotación, utilizando una solución de bentonita en calidad de lodo de perforación.

Para las condiciones geológicas del lugar, este método tiene algunas ventajas tanto por los avances que se logran, como por la facilidad que ofrece para la ejecución de la diagrafiya eléctrica, al término de la perforación piloto como parte del proceso constructivo del pozo, que en el presente caso es de mucha importancia para precisar la ubicación de los estratos permeables.

Como principal desventaja de este método es la formación de una costra de bentonita en la pared de perforación del pozo: pero que se supera con un buen desarrollo del mismo: en este sentido se tomaran todas las medidas, incluyendo también la ubicación y longitud del filtro, a fin de excluir toda eventualidad de pérdidas de caudal por falta de desarrollo del pozo, formación de puentes arcillosos. etc.

Como es conocido, en la perforación a rotación, se utiliza lodo de perforación que se inyecta a presión, cumpliendo básicamente tres funciones: refrigerante de la herramienta de corte (trepano tricónico), estabilizador de la pared de perforación en materiales detríticos (arenas, gravas, etc.), y evacuador de la lama. En los trabajos se utilizará una solución de bentonita, con una viscosidad del orden de 20 - 25 seg. que es la recomendada para perforar en materiales como arena media y fina, como es el caso.

Durante la perforación, como se ha descrito se toman muestras alteradas de lama cada dos metros de avance y se van colocando en forma ordenada, para su posterior descripción, a fin de tener una idea de la granulometría de los estratos que se pasan durante la perforación, cuyos límites o contactos se precisan con la diagrafiya eléctrica, la cual a su vez en forma generalizada permite diferenciar la permeabilidad entre los materiales de los acuíferos.

La profundidad de perforación deberá ser aproximadamente de cincuenta y cinco metros (55.00m), dado los resultados obtenidos en los Sondajes Eléctrico Verticales, pudiendo variar de acuerdo a los resultados de la diagrafia.

Aditivo de Perforación del Pozo

El material utilizado para preparar el fluido de perforación consistirá en agua dulce no contaminada y una arcilla para perforar del tipo de la bentonita de sodio procesada comercialmente para satisfacer las especificaciones de viscosidad.

Todos los demás aditivos del fluido de perforación que se usen deberán cumplir las normas y prácticas reconocidas en la industria y será aplicados y usado siguiendo las prescripciones del fabricante.

Consiste en agregar esta mezcla al pozo como agente estabilizador, para adherir el lodo a las paredes del pozo y evitar derrumbes.

La dosificación propuesta por el contratista será aprobada por el supervisor.

Aplicado el agente estabilizador, el pozo será mantenido así para asegurar la torta de lodo de las paredes del agujero.

Registro de Diagrafia: Resistividad y Rayos Gamma.

Estos datos incluyen informaciones litológicas estratigráficas y estructurales, indicadores de la mineralogía y de la concentración de las menas e indicadores para la exploración geofísica a partir de la superficie.

Se realizará a fin de precisar los límites de los estratos filtrantes, característicos para el lugar, obtener controles de voltaje y resistencia eléctrica, diferenciar en forma generalizada la permeabilidad entre los materiales del acuífero.

Se presentarán graficas (resistividad vs profundidad) de las digrafías eléctricas, determinar el perfil litológico y permeabilidad.

Los resultados de la diagrafía servirán de base para el diseño del perfil técnico del pozo, vale decir, para determinar la ubicación correcta de los filtros en el encamisado tubular.

Terminado el pozo piloto dentro de este se corre dos tipos de sonda: la corta que precisara el tramo de baja mineralización de los estratos y la larga que determinara la zona de alta mineralización de los estratos; en base a esta información se diseña el perfil litológico y técnico del pozo.

Análisis Granulométrico.

Las muestras obtenidas de la formación inmediatamente después de haber sido colocadas dentro del recipiente, serán etiquetadas claramente, ya sea escribiendo directamente sobre la superficie del recipiente o en una tarjeta adherida al mismo, usando tinta, lápiz indeleble u otro medio que sea resistente a la humedad y a la luz solar. La etiqueta no debe ser fácilmente removible del recipiente. La empresa perforadora será responsable por el almacenamiento seguro de las muestras obtenidas de la formación hasta tanto sean aceptadas por el supervisor.

Una muestra de cada intervalo muestreado correspondiente a sectores representativos del acuífero saturado será empleada por la empresa perforadora para el análisis granulométrico, usando mallas estándar aprobadas por el supervisor.

Cada muestra analizada será representada en dos (2) tipos de gráficos; uno a escala semi logarítmica y otra escala aritmética, los que servirán respectivamente para ajustar la descripción litológica del material acuífero y para el diseño de los filtros (solo se aplica para la perforación con equipo rotatorio) y del pre filtro de grava.

Los análisis de las muestras, deberán ejecutarse con el laboratorio de una entidad de prestigio.

❖ **RIMADO DE LA PERFORACIÓN DE POZO 12"**

Consiste en el ensanchamiento del pozo piloto o exploratorio aprobado a satisfacción del Supervisor de la obra. El pozo será ensanchado por escariado hasta alcanzar la profundidad y diámetro específico.

Luego de la operación de ensanchamiento, el contratista dejara listo el hueco para que se mida la sección mediante un calibrador; si se comprueba que en cualquier punto el diámetro Φ es menor al especificado, el hueco deberá ser nuevamente ensanchado y luego medido.

C. INSTALACION DE TUBERIA Y FILTROS.

❖ **INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC CLASE 10 DE 8"**

El entubado del pozo tiene como función proteger las paredes del mismo para evitar que se derrumben, además ser la conducción hidráulica que pone en contacto el acuífero con la superficie (Custodio y Llamas, 1996).

La instalación de las tuberías es decir la unión entre pieza y pieza de tubería y filtro, se lo realizaron mediante procedimientos ajustados para tales prácticas. Las tuberías no se bajan hasta topar el fondo del pozo. Para lo cual se utilizan grampas de soporte, los cuales se apoyan en una superficie indeformable, manteniendo al entubamiento colgado libremente en el pozo. En el extremo inferior del revestimiento del pozo, se proveyó e instaló un tubo decantador o de sedimentación de cinco metros (5 m) de largo y de igual diámetro y material que los tubos de revestimiento.

Una vez entubado el pozo, el extremo superior de la tubería de revestimiento debe quedar a 0,50m de la superficie natural del terreno. La boca del tubo queda completamente sellada con un tapón roscado del mismo material de la tubería de revestimiento, para evitar el ingreso de cualquier cuerpo que obstruya o contamine el pozo hasta la instalación definitiva de la bomba sumergible.

Las tuberías de revestimiento con resistencias adecuadas para la profundidad y formaciones atravesadas en la ejecución del pozo son de PVC de 8"; Clase 10.

❖ **PREPARACIÓN E INSTALACIÓN DE FILTRO TRAPEZOIDAL DE 8"**

La ubicación de los filtros se determinó en función de los objetivos buscados en la profundidad definida para el pozo, es decir, el acuífero definido por la litología analizada y certificada por el registro eléctrico nos permitió definir exactamente la profundidad y espesor de los filtros.

Los filtros a Utilizar en el proyecto son de las siguientes características:

25 m de filtros de PVC Clase-10 con ranurado de 2.5 mm.

Los filtros se ubicaron en el objetivo buscado, es decir en la profundidad final establecida de 25.00 a 50.00m del pozo.

❖ **INSTALACIÓN DE CENTRALIZADOR**

El centralizador se fabricará con platina de hierro de una y media pulgada (1 ½") y espesor de un cuarto de pulgada (1/4"), fue instalado por medio de soldadura sobre abrazaderas fabricadas de la misma platina de hierro. El centralizador será fijado con pernos en el revestimiento y serán ubicados a la altura de los filtros para colocar la grava seleccionada.

D. ENGRAVILLADO Y DESARROLLO DEL POZO.

❖ SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE GRAVA

Después de entubar un pozo de acuerdo al diseño, el espacio anular resultante entre la tubería y la perforación se rellena con grava debidamente seleccionada.

Durante este proceso la presión en la parte inferior del pozo aumenta debido al peso adicional del material de relleno que se está sedimentando en la columna de lodo. La magnitud de la subida de presión depende de la cantidad total del material que se esté sedimentando en el punto que se considera. Las subidas de presión más grandes se producirán inmediatamente encima del relleno.

Si la velocidad de vertimiento es constante se establecerá con el tiempo, una condición de equilibrio en que la cantidad de grava añadida por unidad de tiempo es igual a la cantidad por unidad de tiempo que baja al fondo. Puede decirse que en la práctica los cambios de presión en el pozo que conducen a sobre cargas del tubo de ascensión son de dos tipos: primero las subidas de presión en el espacio anular causadas por la sedimentación del material de relleno, y segundo las disminuciones de presión dentro del tubo de ascensión causadas por bajar el fluido en él.

Las subidas de presión en el espacio anular depende de la cantidad total de material de sedimentación, de las masas específicas del lodo de perforación y del material en sedimentación. La cantidad total del material en sedimentación (grava o arena) a su vez la determinan la velocidad de relleno (Kg/min.), la velocidad de sedimentación (Mts/min.), y la profundidad del punto en consideración. Las disminuciones de la presión en el tubo de revestimiento la determinan la profundidad a la que baja el fluido dentro de él.

Aquí desempeña un papel importante la presión y la profundidad de capa acuífera, así como la densidad del fluido en el tubo. No es posible evitar las subidas de presión durante la engravillada, pero sí pueden ser disminuidas bien, engravillando más lentamente, disminuyendo la viscosidad del lodo y eligiendo un material de relleno grueso y homogéneo. Para evitar la caída de presión en el tubo de ascensión se debe mantener el nivel dentro del pozo llenándolo constantemente de agua.

❖ **LIMPIEZA Y DESARROLLO DE POZO CON AIRE COMPRIMIDO (EXTRACCIÓN DE FINOS)**

Desarrollo – Limpieza con aire comprimido; tiene la finalidad de acomodar el pre filtro (grava) en las zonas aledañas al filtro, dejar el empaque de grava libre de finos. El equipo es una compresora de aire, manguera de conexión, tubería de inyección y tubería reductora; instalado el equipo se inyectará el aire, creando una emulsión de aire - agua, la que se expulsará a superficie hasta que el agua salga libre de finos.

El desarrollo del pozo tiene por finalidad evacuar el lodo de perforación y derruir la costra formada en la pared de perforación al pasar los estratos acuíferos, devolviendo a estos sus características naturales de filtración.

El desarrollo se ejecutará por el método de inyección de aire a alta presión utilizando una compresora, y con recirculación de agua desde la superficie a través del pre filtro, iniciándose la inyección de aire en el tramo filtrante de mayor profundidad, de abajo hacia arriba.

Durante el desarrollo del pozo, una rápida inyección de aire podría crear un exceso de presión dentro del tubo elevando el fluido, ocasionando por consiguiente una presión negativa dentro del (vacío). El uso del pistón si se decide utilizar, debe ser lento y moderado. El confinamiento de acuíferos no deseados con cemento en el espacio anular afecta la

temperatura del agua incrementándola en corto tiempo, afectando la resistencia del material de revestimiento.

E. PRUEBA DE BOMBEO Y ANALISIS.

❖ EVACUACION DE AGUA DE LA PRUEBA.

El agua descargada será conducida desde la bomba a la zona apropiada (cuerpo receptor), aprobada por el supervisor y se efectuaran trabajos de protección de ser el caso.

El agua de pozo será conducida a través de tuberías aprobadas o acequias revestidas para evitar la recirculación del agua.

Es imperativo asegurar que no se cause ningún daño por inundación o erosión a la estructura de drenaje o sitios de disposición escogidos.

❖ PRUEBAS DE RENDIMIENTO DEL POZO.

Implica el conocimiento de la geometría de los reservorios y la definición de las condiciones límites, ya sea como la evaluación de los parámetros hidrodinámicos del sistema acuíferos siendo estos determinados en la interpretación de las medidas y observaciones precisas y metódicas efectuadas durante los ensayos de bombeo.

El programa de ensayo debe ser adaptado en función de la naturaleza del sistema a evaluar, los parámetros investigados teniéndose en consideración los objetivos e intentar dentro de una optimización del costo que puede representar la ejecución del ensayo. No existe un método universal para realizar un ensayo de bombeo, debiendo los mismos tener un objetivo preciso y ser adaptados a las condiciones hidrogeológicas particulares a fin de evitar generar resultados inconsistentes.

❖ **TEST DE ACUIFERO.**

El test de acuífero a través del descenso y recuperación a caudal constante, tiene como finalidad determinar los parámetros hidrodinámicos del acuífero, con el objetivo de determinar los coeficientes de transmisividades y almacenamiento, siempre y cuando fuera posible utilizar otros pozos en las cercanías como piezómetros.

El programa del ensayo consiste en una secuencia de descenso a caudal constante con tiempo de duración no inferior a 24 horas y después medidas de recuperación de por lo menos 6 horas.

Para adaptar el programa del ensayo conviene obtener todas las informaciones de evaluaciones hidrogeológicas disponibles, tales como:

- Tipo de acuífero
- Litología de las rocas atravesadas en la perforación
- Espesor del acuífero y sus límites probables
- Niveles piezométricos y amplitud de variación
- Caudales y descensos medidos durante el desarrollo

❖ **TEST DE PRODUCCIÓN.**

La finalidad del test de pozo consiste en evaluar las características del pozo para definir el caudal óptimo de explotación de acuerdo con el interés de uso racional, teniendo en cuenta las pérdidas de cargas imputadas al acuífero por la perforación y por el proyecto constructivo. El programa de ensayo consiste en una secuencia de descensos a caudal creciente y de duración constante. Los caudales de cada etapa son definidos en función de los valores del test de acuífero.

Para un buen andamiaje de los ensayos es importante observar algunas indicaciones, como son:

- Antes de iniciar los ensayos el pozo debe estar inactivo durante un período mínimo de 24 horas, para obtener un nivel estático representativo.
- Los ensayos de bombeo deben obedecer la siguiente secuencia para alcanzar los objetivos propuestos y minimizar los costos operacionales: test de acuífero por descensos duración entre 24 y 36 horas a caudal máximo, seguido de un ensayo de recuperación por un período mínimo de 6 horas y después, el test de producción en 4 o 5 etapas sucesivas con caudales progresivos, variando entre 40 y 100% del caudal máximo. La duración de cada etapa debe ser constante para todas las etapas y debe realizarse el pasaje instantáneo de una etapa para otra, sin interrupción del bombeo. Usualmente se recomienda períodos de dos horas para cada etapa.
- El bombeo debe ser realizado con bombas sumergibles o de eje prolongado, con capacidad de extraer un caudal igual o superior al estimado en el ensayo preliminar.
- El pozo debe estar equipado con una tubería auxiliar de diámetro $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ " que permita la introducción de una sonda para medir el nivel del agua con precisión centimétrica.
- Las mediciones de caudal deben ser efectuadas con dispositivos compatibles con las tasas de bombeo, sin restricción de caudal para los sistemas continuos como hidrómetros, medidores eléctricos, vertederos, orificios calibrados o también utilizar los volumétricos cuando el caudal es inferior a $20 \text{ m}^3/\text{h}$.
- La tubería de descarga debe ser dotada de una válvula de regulación adecuada, permitiendo maniobras rápidas para la modificación del caudal.
- La descarga de agua bombeada donde el acuífero se encuentra en condiciones libres o en áreas de afloramientos debe ser realizado de manera de evitar recarga inducida hacia el pozo.
- Las medidas de nivel de agua durante los ensayos de descensos, recuperación y de producción deben seguir la

frecuencia de tiempo baja y en los intervalos indicados, lo que permitirá una facilidad cuando se realice interpretación de los ensayos en papel monolog (equidistancia de puntos).

- Después del regulado inicial, las medidas de caudal durante el ensayo de bombeo deben ser realizadas a intervalos de una hora.
- Durante los ensayos deben ser elaborados gráficos de acompañamiento, dibujándose los niveles de agua o los descensos en función del tiempo en papel semilog. El comportamiento gráfico debe permitir al técnico y la fiscalización elementos para decidir sobre la prolongación del tiempo de bombeo o de recuperación y la paralización del ensayo cuando se hayan alcanzado los objetivos.
- El test de producción debe ser interpretado en el campo para verificar las condiciones de desarrollo del pozo y en caso sea necesario repetir el ensayo.
- Durante el desarrollo de los ensayos (acuífero o producción) es aconsejado verificar la presencia de arena con la instalación de un ciclón para efectuar las debidas mediciones instantáneas y acumuladas. También se debe monitorear la temperatura del agua durante el test.
- Después de los ensayos de acuífero y de producción, cuando son parte de una batería en zona de interferencia, se recomienda la realización de un ensayo complementario con el bombeo simultáneo de todos los pozos, durante por lo menos 20 horas con la finalidad de conocer las condiciones reales de explotación del acuífero de forma dinámica y calibrar los parámetros determinados.

❖ **CALCULO DE LA CURVA DE RENDIMIENTO.**

Se calculará y graficará (caudal vs abatimiento) con la información obtenida en campo en la ejecución de la prueba de bombeo; como datos

se tomarán los correspondientes a los caudales menor y mayor obtenidos durante la prueba de bombeo y sus respectivos abatimientos.

Con la gráfica de la curva de rendimiento definida, al plotear el caudal máximo de operación se obtiene un abatimiento, que al sumar el nivel estático da un nivel dinámico.

❖ **SELECCIÓN DEL CAUDAL DE EXPLOTACIÓN.**

Generalmente para elegir el caudal de explotación se analiza la interrelación de varios parámetros, como son: longitud sumergida y porosidad del filtro tubular, granulometría del empaque de grava y ancho de la ranura del filtro, posición del nivel dinámico, a fin de obtener una velocidad de ingreso del agua no mayor de 1 cm/s. velocidad máxima permisible para las arenas finas.

❖ **PARAMETROS PRINCIPALES DEL EQUIPO DE BOMBEO.**

Habiendo definido el caudal de operación y considerando el bombeo del agua hasta la superficie se determina la altura dinámica total.

Por cuanto el agua deberá ser bombeada a cotas más altas y distanciadas del pozo. Se deberá precisar la potencia del equipo de bombeo incluyendo en el cálculo las pérdidas por fricción en la conducción y el desnivel topográfico real desde el pozo hasta el punto de entrega del agua.

Para efectos del montaje de la bomba, en el caso de una electrobomba sumergible, deberá preverse la instalación de una camiseta de inducción del flujo para garantizar la refrigeración del motor eléctrico sumergible; así mismo con el fin de prevenir la formación de zonas con alta velocidad del agua frente a los filtros es deseable que el ingreso del agua hacia la bomba se ubique a una profundidad adecuada, dentro del tubo ciego a fin de disminuir la posibilidad del arrastre de arena por efecto del torbellino hidráulico.

❖ **PRUEBA DE VERTICALIDAD Y ALINEAMIENTO.**

Las perforaciones y los entubados deberán ser redondos verticales y alineados. Para demostrar el cumplimiento de este requisito, la empresa perforadora proporcionara la mano de obra y equipo y efectuara la prueba que se describe más abajo de la manera ordenada por el ingeniero a satisfacción de este.

El resultado de la prueba deberá ser presentado en cuadros y gráficamente y deberá evidenciar que es posible el ingreso libre de la bomba.

La prueba de verticalidad y alineamiento se ejecutará una vez terminada la construcción del pozo, y antes de instalarse el equipo de bombeo de prueba. Si el supervisor estima necesario se efectuara otra prueba de verticalidad y alineamiento después de efectuado el bombeo de prueba.

Método de la prueba de alineamiento

El alineamiento se probará haciendo descender dentro del pozo y hasta el fondo, una sección de tubería recta de la tubería de producción que se bajará o una tubería simulada equivalente. El diámetro exterior de la tubería de prueba o simulada será de 13 mm. más pequeño que el diámetro interior de aquella parte del entubamiento del pozo que se está probando, tipo conejo. La tubería de prueba o tubería simulada al descender por el entubamiento deberá pesar libremente y sin atascarse hasta el tope de la rejilla.

La prueba de verticalidad se ejecutará con una plomada cuyo diámetro será 10 mm menor que el diámetro interior del entubamiento del pozo. La plomada será suspendida de una polea centrada exactamente sobre el centro del pozo perforado y a una altura mínima de 3 metros sobre la boca del pozo. A medida que se hace descender la plomada en el interior del pozo, se medirá la deflexión del cable de soporte de la plomada con respecto al centro del entubado, y la desviación de la

plomada desde el centro se determinará mediante el método de triángulos semejantes.

La prueba de verticalidad del pozo se efectuará una vez que se termine la perforación y la medición se hará a intervalos de 2 metros (se llevarán y mantendrán registros de las lecturas de las deflexiones y cualesquiera otros datos pertinentes que formaran parte del registro permanente del pozo).

En caso que la tubería simulada (igual al menor diámetro de la tubería de producción que se estima bajar) no pudiera desplazarse libremente a través del tramo más bajo donde se estime bajar la bomba; la empresa perforadora arreglara el problema por su propia cuenta.

❖ **ANALISIS FISICO - QUIMICO DEL AGUA.**

Durante la prueba de bombeo deberá extraerse dos muestras de agua como mínimo.

Una de dos (2) litros como mínimo para análisis físico químico, los cuales deben ser efectuados en laboratorios estandarizados.

El procedimiento para extraer la muestra se ejecutará con recipientes debidamente esterilizados otorgados por el laboratorio especializado, ello permitirá resultados más confiables.

❖ **ANALISIS BACTERIOLOGICO DEL AGUA.**

No es un análisis obligatorio en este caso, al ser agua para riego de áreas verdes, sin embargo, es importante conocer estos resultados. Durante la prueba de bombeo deberá extraerse dos muestras de agua como mínimo de un (1) litro para análisis bacteriológico, los cuales deben ser efectuados en laboratorios oficiales. Los análisis deberán

permitir evaluar la calidad del agua sobre la base de las normas internacionales de potabilidad.

F. LIMPIEZA Y PROTECCION DEL POZO.

❖ DESINFECCION DEL POZO.

El equipo y herramientas de perforación de pozos deben mantenerse limpios. El agua usada como fluido de perforación debe ser limpia y libre de material orgánico y/o minerales.

Si bien es posible hacer una desinfección parcial del sistema del pozo durante las pruebas, toda construcción de pozos debe culminar con una desinfección completa del pozo, eliminando cualquier posibilidad de contaminación.

Desinfectante

El desinfectante a usar será el "HIPOCLORITO DE CALCIO al 70%". El desinfectante será despachado al sitio de la obra en recipientes originales sellados con sus etiquetas originales indicando el porcentaje de cloro disponible.

La cantidad de compuestos de cloro usada para la desinfección será lo suficiente para producir un mínimo de 100 mg/lit de cloro disponible en solución una vez mezclado con el volumen de agua en el pozo.

Procedimiento de desinfección

El procedimiento de desinfección incluirá entre otros: provisión de medios confiables para asegurar que el agente desinfectante sea aplicado uniformemente en toda la columna de agua del pozo sin tener que recurrir a subsecuentes acciones mecánicas o de agitación para dispersar al desinfectante y dispersión del desinfectante vertiendo en el

pozo un volumen de agua igual al volumen de la sección enrejillada del pozo después que se ha emplazado el desinfectante. Este proceso hará que el desinfectante fluya fuera del pozo penetrando en el área adyacente a la rejilla.

Todas las porciones accesibles del pozo por encima del nivel del agua se mantendrán en una condición húmeda con agua que contenga la concentración requerida de agente desinfectante durante un periodo de no menos de 20 minutos.

El agente desinfectante será dejado en el pozo durante un periodo de cuando menos 12 horas. Después de un periodo constante de 12 horas o más, se bombeará el pozo para eliminar el agente desinfectante. El punto de disposición para el agua así purgada será escogido y aprobado por la supervisión, de tal manera de minimizar el posible daño a la vida acuática o vegetación.

Requerimientos para la desinfección de la bomba de prueba

En caso de que la bomba de prueba sea instalada después de la desinfección del pozo todas sus partes exteriores deberán ser lavadas o espolvoreadas con un compuesto de cloro.

❖ PROTECCION DEL POZO.

Al terminar con el proceso de perforación, se deberá hacer la limpieza del área de trabajo, asimismo se tendrá que eliminar todo el material, producto de la perforación que se encuentre dentro de la zona del proyecto.

Cualquier accesorio o dispositivo que permitan acceso al pozo deberán también satisfacer los requisitos de elevación sobre el terreno y serán sellados o enrejillados de manera de impedir el ingreso de materias extrañas o contaminantes.

El terreno que circunda inmediatamente la parte superior del tubo de revestimiento del pozo formara un talud alrededor del tubo, excepto los orificios de acceso para efectuar mediciones, introducir grava y boquillas para la lechada de cemento, si fueran necesarios, debiendo ser instalados de conformidad con estas especificaciones.

Protección de la calidad del agua

La empresa perforadora deberá tomar las precauciones del caso, para prevenir el ingreso de aguas superficiales en el acuífero a través del pozo, o la filtración del agua de mala calidad de acuíferos indeseables al acuífero que alimenta al pozo. En caso de que aguas con características físicas indeseables (tales como las que contienen gasolina, grasas combustibles, diésel u otras materias extrañas) se introdujeran al pozo o en caso de que aguas de mala calidad se infiltraran a la zona de producción del pozo, el contratista deberá eliminar o aislar el agua de mala calidad.

Agua de mala calidad de fuentes naturales

Se identificará la zona o intervalo que produce el agua de mala calidad y el Contratista deberá sellar la zona mediante un tapón de lechada de cemento u otros métodos aprobados por la Supervisión.

Agua de mala calidad por negligencia de empresa perforadora

En caso de contaminarse el pozo o en caso del ingreso de aguas con características químicas indeseables en el pozo por negligencia de la Empresa Perforadora, este deberá entonces emprender por su propia cuenta y riesgo todas las obras necesarias y suministro de entubado, sellos, agentes esterilizantes u otros materiales necesarios para eliminar la contaminación; 48 horas después del intento de corregir la contaminación, la Supervisión exigirá las pruebas necesarias, cuyos costos serán cubiertos por el contratista para determinar si las medidas correctivas tuvieron el resultado deseado.

Sello de fondo de pozo tubular

Se colocará un tapón de cemento en el fondo de la lina, para evitar intrusión de agua por el fondo de la misma. En todo momento durante el proceso del trabajo, la empresa perforadora adoptara las precauciones razonables para evitar intromisiones en el pozo o el ingreso de materias extrañas dentro del mismo. La protección tendrá una altura de 2.00 m. aproximadamente.

Sello sanitario en espacio anular

Culminado el proceso total de la perforación, la empresa perforadora procederá a la construcción de una losa de concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ de 0.35 m. de espesor y de 2 m. x 2 m.

Esta plataforma será luego retirada con cuidado en el proceso de construcción del piso terminado de la caseta evitando la inclusión de elementos extraños al interior del pozo.

PLANILLA DE METRADOS.

Cuadro N° IV.15: Planilla de Metrados del Pozo

Ítem	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Total
1.00	Trabajos Preliminares				S/. 5,784.00
1.01	Limpieza y acondicionamiento del terreno	m2	S/. 2.00	200.00	S/. 400.00
1.02	Instalación de campamento	glb	S/. 500.00	1.00	S/. 500.00
1.03	Transporte de equipo de perforación	glb	S/. 4,500.00	1.00	S/. 4,500.00
1.04	Excavación y preparación de pozas de lodo	m3	S/. 32.00	12.00	S/. 384.00
2.00	Perforación del pozo				S/. 63,000.00
2.01	Perforación de pozo exploratorio de 8"	ml	S/. 300.00	70.00	S/. 21,000.00
2.02	Rimado del pozo de 12"	ml	S/. 600.00	70.00	S/. 42,000.00
3.00	Suministro de tuberías y filtro				S/. 18,000.00
3.01	Suministro de tubería de 8" x 1/4"	ml	S/. 240.00	75.00	S/. 18,000.00
4.00	Instalación de tubería y filtros				S/. 2,250.00
4.01	Instalacion de tubería de 8"	ml	S/. 50.00	30.00	S/. 1,500.00
4.02	Preparación e instalación de filro trapezoidal de 8"	ml	S/. 50.00	15.00	S/. 750.00
5.00	Suministro de Cemento				S/. 460.00
5.01	Suministro de cemento tipo V	bls	S/. 23.00	20.00	S/. 460.00
6.00	Cementación del pozo				S/. 3,500.00
6.01	Cementacion con bombeo de lechada de cemento	glb	S/. 3,500.00	1.00	S/. 3,500.00
7.00	Desarrollo y engravado del pozo				S/. 4,630.00
7.01	Pistoneo mecánico y/o rotativo	hrs	S/. 120.00	24.00	S/. 2,880.00
7.02	Suministro y colocación de grava seleccionada	m3	S/. 350.00	5.00	S/. 1,750.00
8.00	Prueba de bombeo				S/. 12,300.00
8.01	Transporte de bomba	glb	S/. 1,500.00	1.00	S/. 1,500.00
8.02	Prueba de bombeo	hrs	S/. 150.00	72.00	S/. 10,800.00
9.00	Tapón de fondo				S/. 400.00
9.01	Tapón de fondo de cemento	glb	S/. 400.00	1.00	S/. 400.00
Costo Directo =					S/. 110,324.00
IGV (18%) =					S/. 19,858.32
Costo Total =					S/. 130,182.32

CRONOGRAMA DE EJECUCION DE LA OBRA.

CUADRO N° IV.16: Cronograma de Ejecución de la Obra

ITEM	DESCRIPCION	DIAS DE TRABAJO																							
		PRIMERA SEMANA						SEGUNDA SEMANA						TERCERA SEMANA						CUARTA SEMANA					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
01	<u>Obras Provicionales</u>																								
02	<u>Trabajos Preliminares.</u>																								
03	<u>Perforacion del Pozo</u>																								
04	<u>Tuberia PVC Clase 10 para el Pozo</u>																								
05	<u>Filtro del Pozo</u>																								
06	<u>Desarrollo del Pozo con Aire Comprimido.</u>																								
07	<u>Analisis y Prueba de Bombeo.</u>																								
08	<u>Limpieza y proteccion del Pozo</u>																								

4.2. Discusión.

Los resultados de la interpretación de la información recopilada, así como los resultados de las pruebas geofísicas de campo permiten concluir en que existen recursos hídricos subterráneos en la zona de investigación cuyas características son citadas en los capítulos correspondientes y concluyendo en la ejecución de una obra de captación cuyo caudal de explotación será de 5 l/seg por un periodo de 4 horas diarias a fin de contribuir al aprovechamiento responsable de dicho recurso.

CONCLUSIONES.

- Desde el punto de vista geológico, la zona de estudio está constituida por depósitos continentales de tipo eólico y aluvial del cuaternario y terciario. Esta zona está conformada por una secuencia de depósitos sedimentarios permeables e impermeables que sobreyacen al basamento impermeable.

- La geofísica permitió determinar 04 horizontes geoelectricos (capas) con diferente resistividad y permeabilidad:

Horizonte H1: Constituida por arena eólica de grano fino a medio, color gris claro poli mixtica. Con inclusiones de gravas y guijarros e intercalaciones delgadas de arcilla. Capa seca y sus resistividades varían desde 524.98 a 606.19 Ohm-m y sus espesores acumulados varían desde 25.00 m.

Horizonte H2: Constituida por arena de grano medio a gruesa con inclusiones de gravas y guijarros e intercalaciones de arcilla, capa saturada con agua de mediano a alto grado de mineralización. Sus resistividades varían desde 14.40 hasta 31.50 Ohm-m y sus espesores varían desde 15.00 m.

Horizonte H3: Constituida por arcilla arenosa ligera, con intercalaciones de arcilla e inclusiones de gravas y guijarros. Capa de baja permeabilidad. Sus resistividades varían desde 10.25 hasta 14.20 Ohm-m

Horizonte H4: Capa geoelectrica constituida por arcilla impermeable. Es el basamento hidrogeológico. Sus resistividades varían desde 4.30 hasta 6.40 Ohm-m.

- En el área de estudio el sentido del flujo de agua subterránea tiene una orientación predominante de Noreste a Suroeste, con una gradiente promedio de 5%.
- De la evaluación hidrodinámica en el pozo evaluado, se obtiene una Transmisividad (T) promedio de 66.98 m²/día y la Permeabilidad (K) promedio en 1.49 m/día, lo que lo hace un acuífero algo permeable. Así mismo el radio de influencia calculado para un tiempo de bombeo de 24 horas es de 1228.00 m.
- El agua del subsuelo en el área del proyecto es de Calidad C4 S4; es decir:

C4: Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.

S4: Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

- Teniendo en cuenta las características hidrogeológicas del lugar, en una primera etapa se ha proyectado la perforación de un pozo tubular a inmediaciones del SEV 3, el cual presenta las mejores características (espesores de capas permeables y resistividades), en el punto de coordenadas UTM (Datum WGS - 84), siguientes:

UBICACIÓN DE POZO PROYECTADO

POZO PROYECTADO	SEV	COORDENADAS UTM	
		ESTE	NORTE
Pozo 1	3	472 882	9 528 812

- La demanda anual de agua es de 16315.5 m³ aproximadamente; por lo que comparando con el régimen de explotación del pozo existe superávit hídrico en la zona donde se perforará el pozo.
- La prospección geofísica nos muestra un caudal de 5 lts/seg. por el pozo a perforar; por lo que se tiene el siguiente Cuadro de Régimen de Explotación:

RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN

Nombre de pozo	Caudal (l/s)	Horas de bombeo día	Volumen de explotación mensualizado												Total (m ³ /s)
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Cabo Inka	5.00	4	2232	2016	2232	2160	2232	2160	2232	2232	2160	2232	2160	2232	26280

- La profundidad a la que debe llegar el pozo se ha determinado preliminarmente en 55.00 m (SEV 3); pudiendo modificarse de acuerdo a las características del material que se encuentre durante la perforación y los resultados de la diagráfia.

RECOMENDACIONES.

- Durante la perforación se deberán estudiar las muestras de los materiales a extraerse del acuífero con la finalidad de:

Determinar su granulometría

Definir las características de la grava alrededor de las rejillas

Determinar la ubicación de los tramos en donde deberán colocarse las rejillas.

Las muestras deberán extraerse cada dos metro de profundidad y cada vez que ocurra un cambio de la litología.

- El sistema de perforación recomendado es el de rotación inversa, debiendo alcanzar como mínimo una profundidad de 55.00 m., con un diámetro de 8” y el posterior rimado a 12”.
- La tubería debe tener un diámetro de 8”; siendo la tubería de PVC Clase 10.
- Realizar prueba de verticalidad y alineamiento del pozo en toda su longitud.
- El desarrollo del pozo debe efectuarse por el método del pistoneo o por inyección de aire comprimido, en un tiempo mínimo de 24 horas, pudiendo ampliarse con desarrollo por bombeo, también de 24 horas. Al final realizar la limpieza respectiva, debiendo quedar el pozo en la profundidad perforada.
- La prueba de rendimiento, como mínimo debe ser de 72 horas continuas, por lo menos a 3 regímenes distintos.
- Como resultado de los análisis de las muestras de suelo, calidad del agua y diagráfia durante la etapa de perforación, se determinará la ubicación y distribución definitiva de los filtros y la profundidad final que deberá alcanzar el pozo.
- Con respecto a las Rejillas, las principales propiedades a exigir de la rejilla son las siguientes:
 - Su área abierta.

- La configuración de su abertura (ranura).
- Su resistencia mecánica.
- El diseño tentativo del pozo sólo es preliminar, mientras que el definitivo, se determinará en base a los resultados de la perforación, diagráfia y análisis granulométricos del acuífero.
- La empresa perforadora encargada de la ejecución el Proyecto debe estar autorizada por la Autoridad Nacional del Agua; para ellos se puede consultar a la lista de perforadores con los que cuenta el ANA en su página web.
- El éxito o fracaso de un pozo depende exclusivamente de las características hidrogeológicas del acuífero además de la calidad técnica de su construcción, por lo que se recomienda que su ejecución sea dirigida y supervisada técnicamente por un especialista en ingeniería de Pozos autorizado por la Autoridad Nacional del Agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- INGEMMET: BOLETIN GEOLOGICO 9a – Lobitos.
- Custodio, E y Llamas, M.R. (1983). “Hidrología Subterránea.” Ed Omega.
- Murillo, J.M. (2000). “Recarga artificial de acuíferos o como introducir y almacenar agua en los acuíferos.
- Las aguas subterráneas en el Perú: influencia de las sequías en las napas de la costa - Ministerio de Agricultura. Dirección General de Aguas e Irrigación (MINAG, 1970-07)
- Diagnóstico del aprovechamiento de aguas subterráneas del valle de Alto Piura - Instituto Nacional de Recursos Naturales. Dirección General de Estudios y Proyectos (INRENA, 1994-02)
- FEM_MODFLOW CONFERENCE, Hydrological Model (Riegger, j 2004)
- Ley de Recursos Hídricos Subterráneos Ley N°29338 (Gobierno de La Republica del Perú 2009)
- Geología General (Hugo Rivera Mantilla 2011)
- Inventarios de Fuentes de Agua Subterránea (ANA – ALA Sechura 2014).

ANEXOS

ANEXO N° 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: “Investigación Hidrogeológica para Explotación de Agua Subterránea en el Predio Inkaterra, Distrito de El Alto, Provincia de Talara y Departamento de Piura – Perú” Nombre del Tesista: Br. Silva Talledo Marlene Victoria				
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables/Indicadores	Metodología
<p><u>General</u></p> <p>¿Evaluar la zona de investigación para determinar la existencia de recursos hídricos subterráneos en la y poder solucionar el déficit de agua?</p> <p><u>Específicos</u></p> <p>1.- Determinar localmente la geología, geomorfología, hidrología e hidrogeología en la zona del proyecto y determinar la dinámica del reservorio acuífero.</p> <p>2.- ubicar la profundidad y espesores del reservorio acuífero aprovechable.</p>	<p><u>General</u></p> <p>Mediante el reconocimiento de las características geológicas e hidrogeología y mediante métodos geofísicos como recopilación de información, poder determinar la posible ejecución de una obra de captación de recursos hídricos subterráneos</p> <p><u>Específicos</u></p> <p>➤ Determinar las condiciones estratigráficas del subsuelo con base en el estudio de mecánica de suelos mediante la ejecución de (06) sondajes eléctrico verticales (SEV's) en el terreno donde se busca la construcción de una obra de captación.</p>	<p><u>General</u></p> <p>¿La aplicación de los Métodos de resistividad y la información de los pozos de agua en lugares aledañas, inciden en la explotación de aguas subterráneas?</p> <p><u>Específicos</u></p> <p>Los aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e hidrogeológicos que describen la zona de investigación son factibles a la realización de proyectos de captación de aguas subterráneas.</p> <p><u>Justificación</u></p> <p>El presente estudio se realiza para determinar la existencia de fluidos hídricos subterráneos y poder ejecutar una obra de captación de aguas subterráneas.</p> <p><u>Importancia</u></p> <p>Poder solucionar el déficit de agua en la zona de investigación mediante el estudio</p>	<p>Unidad de análisis: Variable dependiente: Estudio Hidrogeológico Dimensiones: Resistividad eléctrica de las capas geológicas. Indicadores: Cuantificar los valores obtenidos en los trabajos de campo.</p>	<p>Enfoque: cualitativo y cuantitativo Nivel: Correlacional Tipo: Básica/Aplicada Métodos: -Recopilación de información -Trabajo de campo - Etapa de gabinete Técnicas e instrumentos Ejecución de sondajes eléctrico verticales (SEV's) Procesamiento de datos: - resistividad verdadera y determinación del tipo de materiales. De análisis: Químico analítico Población: Horizonte de suelos. Muestra: Valores de resistividad. Procedimientos Se recopiló información de la zona. Se realizó un mapeo geológico. Se realizaron SEV's De toda la información recopilada, se hizo un informe detallado.</p>

		hidrogeológico.		
--	--	-----------------	--	--

ANEXO N° 2: PRUEBA DE BOMBEO

PRUEBA DE DESCENSO

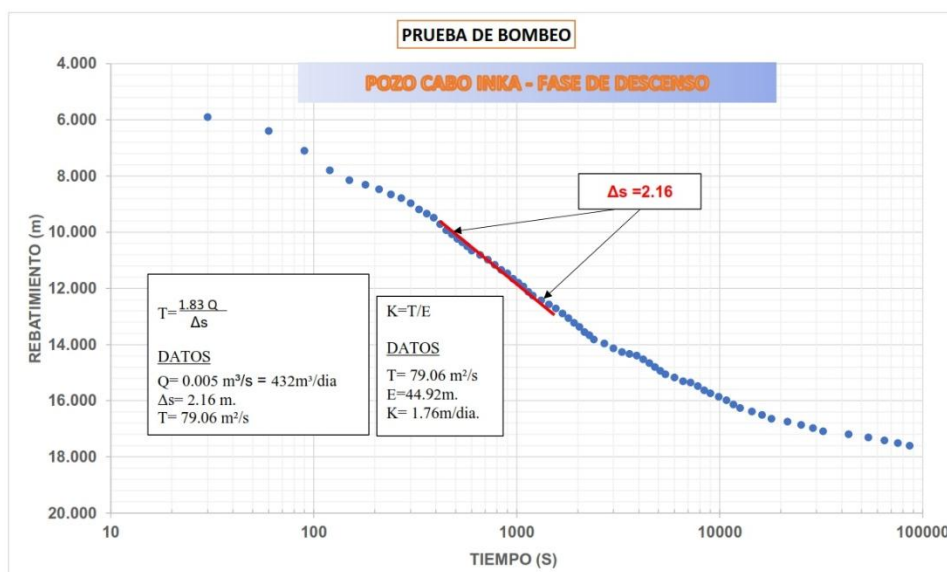
Departamento:	Piura	Provincia:	Talara	Distrito:	El Alto
Coordenadas UTM WGS84		Este:	472893	Norte:	9528844
Nombre del Pozo:	CABO INCA	Ejecutor:	Marlene Silva	Fecha:	Junio 2018
N° IRHS:	S/N	N.E (m):	22	P.R (m):	0.35
Prof. Del Pozo (m):	70.00 m				

TIEMPO			Q (m³/seg)	DESCENSO DEL NIVEL DE AGUA		
Hora	Min	Seg		Nivel ref. descenso	Nivel descenso	Rebatimiento
				22.000	21.650	
		0	0.005	26.500	26.150	4.500
		30	0.005	27.900	27.550	5.900
	1	60	0.005	28.400	28.050	6.400
		90	0.005	29.100	28.750	7.100
	2	120	0.005	29.800	29.450	7.800
		150	0.005	30.150	29.800	8.150
	3	180	0.005	30.310	29.960	8.310
		210	0.005	30.480	30.130	8.480
	4	240	0.005	30.660	30.310	8.660
		270	0.005	30.790	30.440	8.790
	5	300	0.005	30.970	30.620	8.970
		330	0.005	31.190	30.840	9.190
	6	360	0.005	31.340	30.990	9.340
		390	0.005	31.490	31.140	9.490
	7	420	0.005	31.710	31.360	9.710
		450	0.005	31.930	31.580	9.930
	8	480	0.005	32.080	31.730	10.080
		510	0.005	32.240	31.890	10.240
	9	540	0.005	32.360	32.010	10.360
		570	0.005	32.510	32.160	10.510
	10	600	0.005	32.660	32.310	10.660
		660	0.005	32.810	32.460	10.810
	12	720	0.005	32.980	32.630	10.980
		780	0.005	33.160	32.810	11.160
	14	840	0.005	33.340	32.990	11.340
		900	0.005	33.470	33.120	11.470
	16	960	0.005	33.660	33.310	11.660
		1020	0.005	33.800	33.450	11.800
	18	1080	0.005	33.940	33.590	11.940
		1140	0.005	34.130	33.780	12.130
	20	1200	0.005	34.260	33.910	12.260
		1320	0.005	34.430	34.080	12.430
	24	1440	0.005	34.570	34.220	12.570
		1560	0.005	34.720	34.370	12.720
	28	1680	0.005	34.900	34.550	12.900
		1800	0.005	35.060	34.710	13.060
	32	1920	0.005	35.230	34.880	13.230
		2040	0.005	35.370	35.020	13.370
	36	2160	0.005	35.560	35.210	13.560
		2280	0.005	35.670	35.320	13.670
	40	2400	0.005	35.820	35.470	13.820
		2700	0.005	35.970	35.620	13.970
	50	3000	0.005	36.140	35.790	14.140
		3300	0.005	36.270	35.920	14.270
1	60	3600	0.005	36.340	35.990	14.340
		3900	0.005	36.390	36.040	14.390

PRUEBA DE DESCENSO

Departamento:	Piura	Provincia:	Talara	Distrito:	El Alto
Coordenadas UTM WGS84		Este:	472893	Norte:	9528844
Nombre del Pozo:	CABO INCA	Ejecutor:	Marlene Silva	Fecha:	Junio 2018
N° IRHS:	S/N	N.E (m):	22	P.R (m):	0.35
Prof. Del Pozo (m):	70.00 m				

TIEMPO			Q (m³/seg)	DESCENSO DEL NIVEL DE AGUA		
Hora	Min	Seg		Nivel ref. descenso	Nivel descenso	Rebatimiento
	70	4200	0.005	36.530	36.180	14.530
	75	4500	0.005	36.660	36.310	14.660
	80	4800	0.005	36.800	36.450	14.800
	85	5100	0.005	36.940	36.590	14.940
	90	5400	0.005	37.060	36.710	15.060
	100	6000	0.005	37.180	36.830	15.180
	110	6600	0.005	37.310	36.960	15.310
2	120	7200	0.005	37.360	37.010	15.360
	130	7800	0.005	37.480	37.130	15.480
	140	8400	0.005	37.630	37.280	15.630
	150	9000	0.005	37.740	37.390	15.740
	165	9900	0.005	37.860	37.510	15.860
3	180	10800	0.005	37.990	37.640	15.990
	195	11700	0.005	38.140	37.790	16.140
	210	12600	0.005	38.260	37.910	16.260
4	240	14400	0.005	38.390	38.040	16.390
	270	16200	0.005	38.510	38.160	16.510
5	300	18000	0.005	38.640	38.290	16.640
6	360	21600	0.005	38.750	38.400	16.750
7	420	25200	0.005	38.860	38.510	16.860
8	480	28800	0.005	38.980	38.630	16.980
9	540	32400	0.005	39.090	38.740	17.090
12	720	43200	0.005	39.200	38.850	17.200
15	900	54000	0.005	39.310	38.960	17.310
18	1080	64800	0.005	39.420	39.070	17.420
21	1260	75600	0.005	39.510	39.160	17.510
24	1440	86400	0.005	39.610	39.260	17.610



PRUEBA DE RECUPERACIÓN

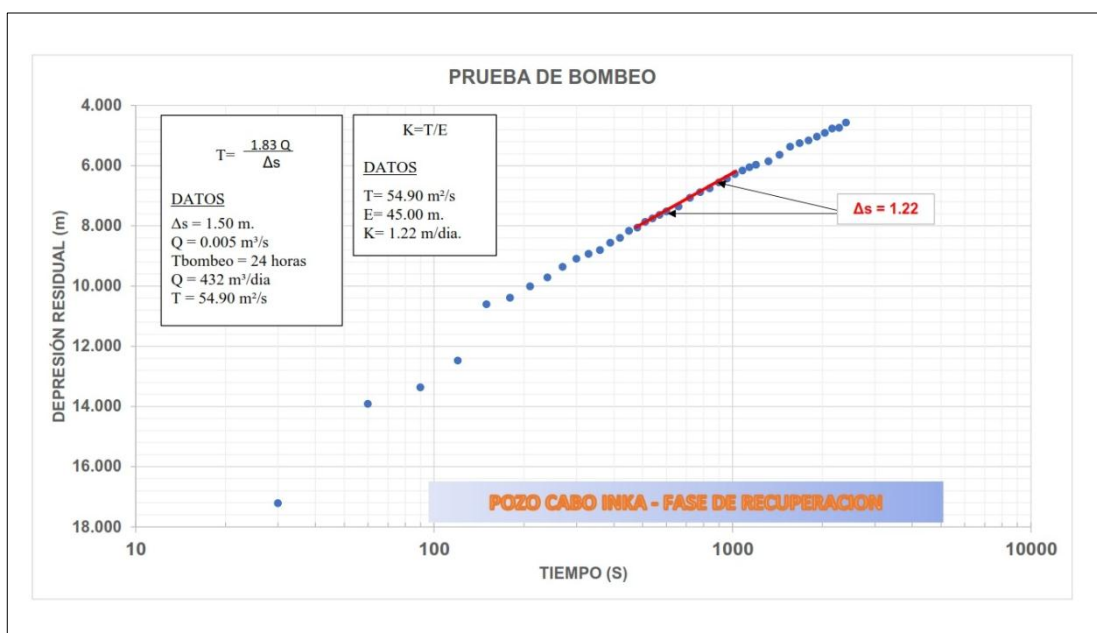
Departamento:	Piura	Provincia:	Talara	Distrito:	El Alto
Coordenadas UTM WGS84		Este:	472893	Norte:	9528844
Nombre del Pozo:	CABO INCA	Ejecutor:	Marlene Silva	Fecha:	Junio 2018
N° IRHS:	S/N	N.E (m):	22.00	P.R (m):	0.35
Prof. Del Pozo (m):	70.00 m	Tiempo de Bombeo (min):	1440		

TIEMPO DE RECUPERACION			(Tb+Tr)/Tr	Q (m³/seg)	RECUPERACION DEL NIVEL DE AGUA		
Hora	Min	Seg			Nivel		Depresion residual
		0			22.000	21.650	0.000
	0.5	30	2881.00	0.005	39.210	38.860	17.210
	1	60	1441.00	0.005	35.913	35.563	13.913
	1.5	90	961.00	0.005	35.362	35.012	13.362
	2	120	721.00	0.005	34.478	34.128	12.478
	2.5	150	577.00	0.005	32.600	32.250	10.600
	3	180	481.00	0.005	32.389	32.039	10.389
	3.5	210	412.43	0.005	32.010	31.660	10.010
	4	240	361.00	0.005	31.710	31.360	9.710
	4.5	270	321.00	0.005	31.360	31.010	9.360
	5	300	289.00	0.005	31.090	30.740	9.090
	5.5	330	262.82	0.005	30.930	30.580	8.930
	6	360	241.00	0.005	30.810	30.460	8.810
	6.5	390	222.54	0.005	31.090	30.740	8.560
	7	420	206.71	0.005	30.930	30.580	8.400
	7.5	450	193.00	0.005	30.810	30.460	8.170
	8	480	181.00	0.005	30.560	30.210	8.060
	8.5	510	170.41	0.005	30.400	30.050	7.870
	9	540	161.00	0.005	30.170	29.820	7.750
	9.5	570	152.58	0.005	30.060	29.710	7.640
	10	600	145.00	0.005	29.870	29.520	7.520
	11	660	131.91	0.005	29.750	29.400	7.360
	12	720	121.00	0.005	29.640	29.290	7.070
	13	780	111.77	0.005	29.520	29.170	6.885
	14	840	103.86	0.005	29.360	29.010	6.760
	15	900	97.00	0.005	29.070	28.720	6.560
	16	960	91.00	0.005	28.885	28.535	6.430
	17	1020	85.71	0.005	28.760	28.410	6.280
	18	1080	81.00	0.005	28.560	28.210	6.160
	19	1140	76.79	0.005	28.430	28.080	6.050
	20	1200	73.00	0.005	28.280	27.930	5.970
	22	1320	66.45	0.005	28.160	27.810	5.860
	24	1440	61.00	0.005	28.050	27.700	5.640
	26	1560	56.38	0.005	27.970	27.620	5.370
	28	1680	52.43	0.005	27.860	27.510	5.250
	30	1800	49.00	0.005	27.640	27.290	5.160
	32	1920	46.00	0.005	27.370	27.020	5.040
	34	2040	43.35	0.005	27.250	26.900	4.910
	36	2160	41.00	0.005	27.160	26.810	4.770
	38	2280	38.89	0.005	27.040	26.690	4.740
	40	2400	37.00	0.005	26.910	26.560	4.570
	45	2700	33.00	0.005	26.770	26.420	4.390
	50	3000	29.80	0.005	26.740	26.390	4.170
	55	3300	27.18	0.005	26.570	26.220	4.060

PRUEBA DE RECUPERACIÓN

Departamento:	Piura	Provincia:	Talara	Distrito:	El Alto
Coordenadas UTM WGS84		Este:	472893	Norte:	9528844
Nombre del Pozo:	CABO INCA	Ejecutor:	Marlene Silva	Fecha:	Junio 2018
N° IRHS:	S/N	N.E (m):	22.00	P.R (m):	0.35
Prof. Del Pozo (m):	70.00 m	Tiempo de Bombeo (min):			1440

TIEMPO DE RECUPERACION			(Tb+Tr)/Tr	Q (m³/seg)	RECUPERACION DEL NIVEL DE AGUA		
Hora	Min	Seg			Nivel		Depresion residual
	60	4200	25.00	0.005	25.950	25.600	3.950
	65	4500	23.15	0.005	25.830	25.480	3.830
	70	4800	21.57	0.005	25.680	25.330	3.680
	75	5100	20.20	0.005	25.560	25.210	3.560
	80	5400	19.00	0.005	25.430	25.080	3.430
	85	6000	17.94	0.005	25.330	24.980	3.330
	90	6600	17.00	0.005	25.230	24.880	3.230
	100	7200	15.40	0.005	25.110	24.760	3.110
	110	7800	14.09	0.005	24.970	24.620	2.970
2	120	8400	13.00	0.005	24.860	24.510	2.860
	130	9000	12.08	0.005	24.750	24.400	2.750
	140	9900	11.29	0.005	24.640	24.290	2.640
	150	10800	10.60	0.005	24.540	24.190	2.540
	165	11700	9.73	0.005	24.430	24.080	2.430
3	180	12600	9.00	0.005	24.290	23.940	2.290
	195	14400	8.38	0.005	24.210	23.860	2.210
	210	16200	7.86	0.005	24.140	23.790	2.140
4	240	18000	7.00	0.005	23.920	23.570	1.920
	270	21600	6.33	0.005	23.830	23.480	1.830
5	300	25200	5.80	0.005	23.680	23.330	1.680
6	360	28800	5.00	0.005	23.480	23.130	1.480
7	420	32400	4.43	0.005	23.360	23.010	1.360
8	480	43200	4.00	0.005	23.230	22.880	1.230
9	540	54000	3.67	0.005	22.970	22.620	0.970
10	600	64800	3.40	0.005	22.860	22.510	0.860
11	660	75600	3.18	0.005	22.740	22.390	0.740
12	720	86400	3.00	0.005	22.600	22.250	0.600
13	780	54000	2.85	0.005	34.948	34.598	0.470
14	840	64800	2.71	0.005	34.818	34.468	0.340
15	900	75600	2.60	0.005	34.678	34.328	0.200
16	960	86400	2.50	0.005	34.548	34.198	0.070



ANEXO N° 3: TESTIMONIO FOTOGRAFICO

S.E.V N° 1

INSTALACION DEL EQUIPO DE PROSPECCION



S.E.V N° 2

TOMA DE DATOS DE RESISTIVIDAD



S.E.V N° 3

SEÑALIZACION DEL PUNTO DE INVESTIGACION



S.E.V N° 4

TENDIDO DEL CABLEADO DE EMISION



S.E.V N° 5

EMPLAZAMIENTO DEL EQUIPO DE PROSPECCION



S.E.V N° 6

TOMA DE DATOS DE CAMPO



ANEXO N° 4: MAPAS

